

Air  Climat
agence wallonne de l'air & du climat

Wallonie

Région wallonne

Agence Wallonne de l'air et du climat

L'adaptation au changement climatique
en région wallonne

Rapport final

Version du 31 mai 2011



UCL
Université
catholique
de Louvain

Groupement EcoRes-TEC

Rue d'Edimbourg, 26
1050 Bruxelles

Sommaire

RESUME DE L'ETUDE	5
SUMMARY	6
INTRODUCTION : OBJECTIFS ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE	7
LES OBJECTIFS DE L'ETUDE	8
LA METHODOLOGIE.....	9
1 L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES REGIONS EUROPEENNES 11	
1.1 LA PLACE DE L'ADAPTATION DANS LES POLITIQUES CLIMATIQUES DES ETATS.....	13
1.1.1 Les motivations à s'engager dans l'adaptation.....	13
1.1.2 L'élaboration des stratégies adaptatives : un processus de longue durée.....	15
1.2 LA GOUVERNANCE DES ETUDES : UNE QUESTION DE PERIMETRE	17
1.2.1 La place du régional par rapport aux autres niveaux	17
1.2.2 La distribution des responsabilités et leur coordination.....	19
1.2.3 Le rôle des acteurs et leur participation au processus.....	20
1.3 L'APPROCHE METHODOLOGIQUE DES STRATEGIES D'ADAPTATION	22
1.3.1 Vulnérabilités : secteurs et thématiques.....	22
1.3.2 Identification des éventuelles opportunités	24
1.3.3 L'articulation avec la recherche	25
1.3.4 Communication et sensibilisation	27
1.3.5 Evaluation et mise à jour	28
2 LES AVENIRS CLIMATIQUES DE LA REGION WALLONNE	31
2.1 LES EVOLUTIONS RECENTES DU CLIMAT EN BELGIQUE.....	32
2.2 LA REGIONALISATION DU CLIMAT : ENTRE ACQUIS ET INCERTITUDES	34
2.2.1 La production de la connaissance sur le changement climatique	34
2.2.2 Des modèles climatiques de plus en plus élaborés	37
2.2.3 Comment passer du climat global au climat régional ?.....	38
2.2.4 La nécessaire prise en compte de l'incertitude... ..	39
2.2.5 ...ne doit pas freiner le passage à l'acte.....	41
2.3 METHODOLOGIE APPLIQUEE A L'ETUDE WALLONNE.....	42
2.3.1 Les horizons temporels retenus	43
2.3.2 Le recours à ENSEMBLES : un travail sur l'incertitude des modèles plutôt que sur celle des scénarios.....	43
2.3.3 Le processus de sélection des modèles	44
2.3.4 La disponibilité des données	49
2.3.5 Evaluation de la performance des modèles à simuler le climat passé	49
2.3.6 Le choix des indicateurs	55
2.3.7 L'aire d'étude	59

2.3.8	La forme des sorties et lecture des résultats	60
2.4	LE DEVENIR CLIMATIQUE DE LA REGION WALLONNE.....	63
2.4.1	Un climat plus chaud	63
2.4.2	Des hivers plus pluvieux, des étés plus secs	71
2.4.3	Vers plus d'épisodes de très fortes précipitations ?	74
2.4.4	Des vagues de chaleur plus fréquentes.....	75
2.4.5	L'impact de scénarios socio-économiques plus extrêmes	75
2.4.6	Les messages clés	77
3	LA VULNERABILITE DE LA WALLONIE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES	78
3.1	UNE METHODOLOGIE INNOVANTE	79
3.2	SYNTHESE DES PRINCIPAUX IMPACTS SECTORIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	80
3.2.1	L'agriculture	80
3.2.2	Les infrastructures et l'aménagement du territoire	81
3.2.3	La biodiversité	83
3.2.4	La forêt	85
3.2.1	La santé.....	87
3.2.2	Les ressources en eau	88
3.2.3	L'énergie	89
3.3	UNE HIERARCHISATION TEMPORELLE ET SECTORIELLE DES IMPACTS	92
3.3.1	Une vision temporelle des impacts.....	92
3.3.2	La hiérarchisation des impacts par thématique.....	94
3.4	LES VULNERABILITES MARQUANTES POUR LA WALLONIE : UNE VISION TRANSVERSALE	103
3.4.1	Des impacts mieux appréciés que d'autres.....	103
3.4.2	Des opportunités limitées à un réchauffement modéré	104
3.4.3	Des vulnérabilités clés pour le territoire wallon.....	104
3.4.4	La prise en charge actuelle et potentielle des vulnérabilités	108
4	L'ADAPTATION DE LA REGION WALLONNE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES	113
4.1	LES PRINCIPES DIRECTEURS DE LA STRATEGIE.....	115
4.1.1	Une adaptation séquentielle.....	115
4.1.2	S'appuyer sur l'existant pour se projeter dans le futur.....	115
4.1.3	Articuler les échelles d'intervention et de réflexion	115
4.1.4	Adapter les mesures à la spécificité de chaque enjeu	116
4.1.5	Le besoin d'un débat sur le niveau de risque acceptable.....	116
4.1.6	La question du financement	117
4.2	LES ORIENTATIONS STRATEGIQUES	117
4.2.1	Renforcer et adapter la gestion de l'eau et de ses impacts à la nouvelle donne climatique.....	117
4.2.2	S'adapter à la chaleur en ville et dans l'espace public	119

4.2.3	Renforcer la préservation de la biodiversité et améliorer la résilience des écosystèmes et des agrosystèmes	121
4.2.4	Les problématiques en lien avec l'atténuation du changement climatique	122
4.3	LES PROBLEMATIQUES INSTITUTIONNELLES	123
4.3.1	La recherche, l'observation et le suivi	123
4.3.2	Les besoins de sensibilisation, formation et communication.....	124
4.3.3	Les besoins de suivi-évaluation	125
4.4	LES FICHES ADAPTATION SECTORIELLES	126
	Agriculture	127
	Aménagement du territoire et infrastructures	129
	Biodiversité	131
	Forêts et sylviculture	133
	Santé.....	135
	Ressources en eau	138
	Energie.....	139
5	VERS UN PLAN D'ACTION	141
5.1	ORGANISATION DU PLAN D'ACTION.....	142
5.2	LA VISION STRATEGIQUE DU PLAN	143
5.3	PREMIERS ELEMENTS D'UN DISPOSITIF DE SUIVI EVALUATION	151
5.3.1	Les indicateurs du changement climatique de la région wallonne	151
5.3.2	Les indicateurs sectoriels du changement climatique.....	151
	CONCLUSION : ALLER PLUS LOIN...	154
	LISTE DES ANNEXES	157
	ACRONYMES ET ABREVIATIONS.....	158
	GLOSSAIRE.....	160
	TABLE DES FIGURES	162
	BIBLIOGRAPHIE	164

Résumé de l'étude

Les changements climatiques sont à présent une certitude au niveau mondial. Le 4^{ème} rapport du GIEC, publié en 2007, met en évidence l'origine et les responsabilités humaines liées à ce phénomène. Toutes les parties du globe sont susceptibles d'être affectées. Il n'y a pas un domaine ni un secteur d'activité qui n'en ressentira pas les effets d'où le besoin d'une nécessaire adaptation.

Dès 2006, la Commission Européenne s'est engagée vers la problématique de l'adaptation au changement climatique. Tout d'abord au travers d'une consultation autour du livre vert « Adaptation au changement climatique en Europe: les possibilités d'action de l'Union Européenne » puis à l'aide d'un livre blanc « Adaptation au changement climatique: vers un cadre d'action européen ». Si la Commission Européenne y étudie la possibilité de rendre obligatoire les stratégies d'adaptation, plusieurs pays européens ont déjà réalisé la leur: la Finlande, le Royaume-Uni, la France...

La Belgique via la Commission Nationale Climat a adopté sa « Stratégie Nationale Climat » fin 2010 avec l'objectif de pouvoir proposer un plan d'action opérationnel pour 2012. Ce plan d'action résultera de la fusion des plans d'actions des trois régions et du fédéral: la région flamande a réalisé une étude pour initier le processus de développement de son plan d'adaptation en 2010, la région Wallonne a emboité le pas par la présente étude et la région de Bruxelles Capitale ainsi que le Fédéral ont l'intention de suivre la même démarche en 2011.

Cette étude a conduit à dresser un bilan exhaustif – caractérisation, vulnérabilités actuelles, vulnérabilités futures – de la région Wallonne suivant sept thématiques: l'agriculture, l'eau, les infrastructures/l'aménagement du territoire, la santé, l'énergie, la biodiversité et la forêt. Une consultation élargie d'experts de la région Wallonne a permis de dégager les principales mesures à mettre en œuvre afin d'adapter la région Wallonne au changement climatique.

Le chapitre 1 « L'adaptation au changement climatique dans les régions européennes » dresse un état des lieux des stratégies d'adaptation aux changements climatiques mises en œuvre en Europe en vue d'en tirer des enseignements pour cette étude.

Le chapitre 2 « Les avenir climatiques de la région Wallonne » rend compte des projections climatiques spécifiquement mises en œuvre dans le cadre de cette étude et qui ont servi de support à la détermination des vulnérabilités futures de la région Wallonne.

Le chapitre 3 « La vulnérabilité de la Wallonie aux changements climatiques » explore suivant sept thèmes – l'agriculture, l'eau, les infrastructures/l'aménagement du territoire, la santé, l'énergie, la biodiversité et la forêt – la région Wallonne dans le but de décrire ses vulnérabilités actuelles et futures mais aussi en mettant en avant une hiérarchisation temporelle et sectorielle des impacts.

Le chapitre 4 « L'adaptation de la région Wallonne aux changements climatiques » définit les principes directeurs suivis pour les choix d'adaptation au changement climatique ainsi que les orientations proposées par thématiques.

Le chapitre 5 « Vers un plan d'actions » présente les mesures par thématique avec les premiers éléments d'un dispositif de suivi évaluation.

Enfin, les annexes rassemblent, d'une part, des documents opérationnels – les fiches thématiques complètes, le plan d'actions, la note d'orientation stratégique et l'analyse transversale – et des documents supports – cartes et base de données de projections climatiques, benchmark.

Climate change is now globally accepted. The 4th IPCC report, published in 2007, clearly indicates that this phenomenon is mostly the result of human activity. All parts of the globe are potentially at risk. There are no activity sectors that will be left untouched. Adaptation is therefore necessary.

Since 2006, the European Commission has been looking at the climate change adaptation issue. It first held a consultation on the European Commission Green Paper "adapting to climate change in Europe - options for EU action". This led to the publication of the White Paper « Adapting to climate change: towards a European framework for action ». In this document, the EC puts forward the idea of a compulsory Adaptation Strategy at Member State level. Several EU countries have already done so: Finland, United Kingdom and France.

Belgium, through the National Climate Commission, adopted its « National Climate Strategy » in late 2010. The objective is to recommend an operational action plan by 2012. This action plan will be the result of a merger between the action plans of the three regions and the federal governments. The Flemish region launched a study to start the development process of their action plan in 2010; the Walloon region has followed with this study and the Brussels region and the Federal should launch their studies during this year (2011).

This study enabled to draw a complete review – characteristics, current vulnerabilities, future vulnerabilities - of the Walloon region on seven topics: Agriculture, water, infrastructure/ spatial planning, health, energy, biodiversity and forests. An enlarged experts' consultation identified key measures to implement in order for Wallonia to adapt to climate change.

Chapter 1, « climate change adaptation in European regions », is a stock-taking exercise of adaptation strategies found in Europe in order to draw relevant lessons for this study.

Chapter 2: « the climate futures of Wallonia », is an analysis of the climate projection specifically carried out for this study. Those projections were used to identify Wallonia's vulnerabilities.

Chapter 3 « Wallonia's vulnerabilities to Climate change » explores the seven themes Agriculture, water, infrastructure/ spatial planning, health, energy, biodiversity and forests to describe the current and future risks and to put forward a time-dependent and sectoral hierarchy of impacts.

Chapter 4 « Wallonia's adaptation to climate change » states the core principles used to define the adaptation choices as well as the proposed guidelines for each theme.

Chapter 5 « towards an action plan » presents the adaptation measures by theme along with the first elements of an evaluation procedure.

Finally, the appendices contain the operational documents: the full thematic sheets, the action plan, the strategic guideline paper and the transversal analysis and the supporting documents: maps, climate projections database and the benchmarks.

Introduction : objectifs et méthodologie de l'étude

Combiner atténuation et adaptation

La réflexion sur les changements climatiques s'est d'abord focalisée sur les moyens d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre avant d'admettre qu'un certain niveau de changement climatique était inéluctable et qu'il faudrait s'y adapter. L'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et l'adaptation aux impacts du changement climatique sont ainsi les deux faces des politiques climatiques, dont les frontières et les rapports sont complexes. Une mauvaise adaptation peut avoir des effets en retour sur les consommations d'énergie et les émissions de GES induites (recours à une climatisation intensive pour lutter contre les fortes chaleurs par exemple). Mais l'adaptation peut aussi avoir des vertus pédagogiques, quand la prise de conscience d'une vulnérabilité permet de convaincre de la nécessité d'agir pour réduire ses émissions de GES. Et, au-delà des conséquences directes sur la météorologie ou sur les ressources environnementales, l'expérience des études d'impact du changement climatique nous persuade que les impacts les plus rapides sur nos modes de vie risquent d'être liés aux politiques d'atténuation menées à tous les niveaux (local, national, international). Cette donnée, combinée à l'évolution du prix de l'énergie pour les décennies à venir, pourrait peser lourd dans nos décisions.

A côté des politiques d'atténuation, il faut néanmoins aussi se 'préparer à l'inévitable'. **S'adapter donc en diminuant la vulnérabilité des systèmes face aux changements attendus et améliorer la capacité des systèmes à faire face aux changements.**

Vers la régionalisation des travaux d'adaptation

Les travaux sur le changement climatique ont par ailleurs dans un premier temps concerné le niveau planétaire ; cela a été suivi par un effort de descente d'échelle qui maintenant informe jusqu'au niveau régional ou infra régional. Ainsi, depuis quelques années des pays européens ont produit des stratégies nationales d'adaptation, fixant des principes et de grandes orientations. La stratégie belge date de décembre 2010. Ces stratégies nationales sont de plus en plus fréquemment accompagnées de l'élaboration de stratégies régionales. Le but ultime des deux est de conduire à des plans d'adaptation en proposant un ensemble de mesures concrètes et chiffrées (ce qui est actuellement très rarement atteint).

Le travail présenté ici se situe clairement à la confluence de ces deux évolutions. La Wallonie vient de se lancer dans un tel processus avec le présent travail. À partir d'une réflexion sur le changement climatique dans la région pour les décennies à venir, l'étude décline les impacts et les vulnérabilités avant de suggérer des pistes d'adaptation qui ont été dans la mesure du possible déclinées en termes de mesures.

Les objectifs de l'étude

Dans ce contexte, les objectifs de cette étude sont les suivants :

Identifier les vulnérabilités de la région Wallonne au climat actuel

La mise en place d'une stratégie d'adaptation régionale au changement climatique passe par une étape préalable : s'assurer que cette région est déjà adaptée au climat actuel.

- Y a-t-il de fréquentes inondations, de quelles natures sont-elles – prévalence de l'aménagement du territoire / pluviométrie ?
- Y a-t-il des incendies de forêt ?

- Quelles sont les incidences des canicules passées ?
- Quel est la résilience du système de production d'électricité face aux contraintes climatiques ?
- ...

Identifier des premières vulnérabilités et mettre en rapports les plans et mesures régionales qui sont mis en œuvre en vu d'améliorer la situation initiale permet ensuite d'aborder les vulnérabilités régionales futures.

Afin de s'assurer d'un spectre le plus large possible, sept thématiques sont étudiées pour la région Wallonne : l'agriculture, l'eau, les infrastructures/l'aménagement du territoire, la santé, l'énergie, la biodiversité et la forêt.

Déterminer les vulnérabilités de la région Wallonne au climat futur, envisager les mesures nécessaires et définir les bases d'un système de suivi évaluation

La situation régionale est confrontée à des futurs climats possibles. Elaborés à partir du projet Européen « Ensemble », trois modèles ont été sélectionnés pour la région Wallonne :

- Un modèle de référence « projections moyennes » qui présente une position intermédiaire en termes d'élévation des températures et de changement de régime des précipitations ;
- Deux modèles « projections humides » et « projections sèches » qui permettent de rendre compte d'un champ des possibles plus large que le modèle de référence.

Pour chaque thème, des pistes ou axes d'action à privilégier dans le futur sont déterminés au vu des impacts attendus. Enfin, les bases d'un système de suivi-évaluation des mesures sont proposées.

La méthodologie

L'étude de l'adaptation au changement climatique en région Wallonne s'est déroulée en quatre phases distinctes :

– **Phase 1 : Préparation et cadrage de l'étude**

La phase 1 a eu pour objectif de cadrer la mission à la fois lors du premier comité d'accompagnement et lors d'un séminaire interne réunissant l'équipe de consultants. Ensuite une période a été consacrée à l'élaboration des projections climatiques spécifiques à la région Wallonne. En parallèle, deux types de travaux ont été menés : la réalisation d'une étude documentaire sur les politiques d'adaptation menées jusqu'à aujourd'hui, et l'identification des vulnérabilités au climat actuel de la région Wallonne.

– **Phase 2 : Analyse thématique de l'existant en région Wallonne**

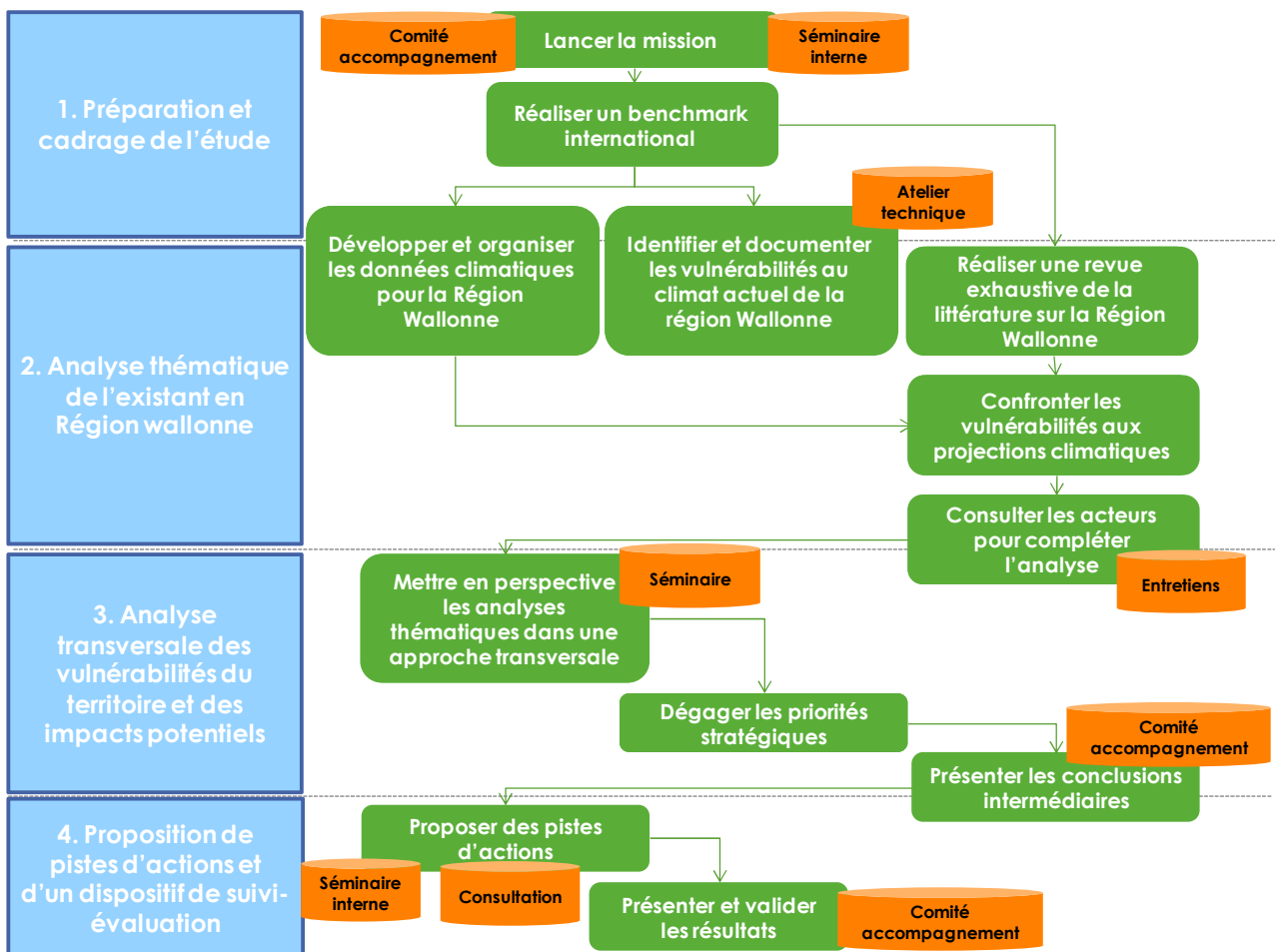
La phase 2 a, dans un premier temps, approfondi les analyses sectorielles avec des entretiens spécifiques avec des experts de la région Wallonne et, dans un deuxième temps, a déterminé les études déjà engagées prospectivistes prenant en compte le changement climatique. Enfin, une confrontation des vulnérabilités des secteurs a été effectuée avec les projections climatiques afin de permettre l'évaluation des risques sectoriels.

– **Phase 3 : Analyse transversale des vulnérabilités du territoire et des impacts potentiels**

La phase 3 a permis d'identifier les priorités pour la région Wallonne : priorités temporelles et sectorielles.

– **Phase 4 : Proposition de pistes d'action et d'un dispositif de suivi-évaluation**

En réponse aux vulnérabilités futures de la région Wallonne au changement climatique, les réponses ont été apportées sous forme d'actions. Celles-ci sont de différents types : communication, sensibilisation, connaissance, recherche, législatif, réglementaire, institutionnel et/ou technique. Pour chacune des actions, il est notamment indiqué le niveau d'urgence d'adaptation, les liens avec les politiques d'atténuation au changement climatique et les indicateurs de suivi. Enfin, chacune des actions a été discutée lors d'une consultation avec des experts représentatifs de la région Wallonne.



1 L'adaptation au changement climatique dans les régions européennes

Les messages clés

- Il existe en Europe **une multitude de stratégies et de plans d'adaptation** aux différents niveaux (national, régional...) auxquels un exercice régional en cours peut se référer.
- Ceci permet d'éclairer les choix dans les domaines suivants :
 - o **L'articulation des exercices régionaux par rapport au national** : le rôle attribué au niveau national est en principe de définir un cadre, de lever les obstacles, de fournir des incitations et de coordonner les actions des échelles inférieures. Toutefois la dévolution des responsabilités varie très sensiblement selon les pays en lien avec les différences de culture politique et administrative : le principe de subsidiarité est plus ou moins fermement appliqué de même qu'à l'inverse on insiste plus ou moins sur les limites des mécanismes de marché.
 - o **La responsabilité de l'adaptation est partagée** : des dispositifs de coordination proches du terrain peuvent être mis en place; un niveau central (ministère, organisme ad hoc) assure toujours une coordination et la responsabilité au plus haut niveau
 - o **L'implication des acteurs (privé, société civile...)** : dans l'élaboration des stratégies nationales le cercle des participants est restreint aux fonctionnaires, experts représentants des collectivités locales et parfois associe des ONG, des acteurs du privé voire le public via une consultation par Internet. Lorsque l'on s'oriente vers la mise en œuvre de la stratégie, le cercle des acteurs tend à s'élargir.
 - o **La place des approches sectorielles dans la démarche et le traitement des questions transversales** : on note de larges similitudes dans l'identification des vulnérabilités. Certains travaux hiérarchisent fortement les vulnérabilités et les nécessités (ou potentiels) d'adaptation, d'autres beaucoup moins. L'exercice de hiérarchisation est fréquemment associé à la mise en évidence de problématiques transversales.
 - o **L'organisation du lien avec la recherche** : la recherche sur le changement climatique délivre de plus en plus des résultats appropriables par les petits pays ou les régions ; toutefois la thématique de l'adaptation nécessite toujours une prise en compte fine des conditions locales. La mise en place de passerelles entre la recherche et les acteurs bénéficie d'un investissement croissant.
 - o **Les stratégies de communication et de sensibilisation** : si leur nécessité est communément reconnue, les moyens mis en œuvre varient par leur nature et leur ampleur. On dispose dès maintenant d'outils exemplaires qui peuvent être source d'inspiration.
- **Les processus d'évaluation et de révision des plans et des stratégies** sont dans la grande majorité des cas très flous.

Les différents types de documents examinés dans le benchmarking

Pour ce travail il pourrait paraître logique d'étudier avant tout, si ce n'est uniquement, des documents décrivant des stratégies et plans d'adaptation régionaux. Cela aurait en fait pour inconvénient majeur de limiter le nombre d'éléments de comparaison, ou même de fausser la pertinence de la comparaison elle-même.

Les plans/stratégies d'adaptation au niveau régional sont d'abord en nombre relativement limité. En général, dans les différents pays l'effort a d'abord été concentré sur les exercices nationaux et les exercices régionaux ont débuté plus récemment. A cela on doit ajouter que les travaux de niveau infra national sont fréquemment uniquement disponibles dans la langue nationale et que des résumés en anglais ne sont pas toujours publiés, tant s'en faut. Les stratégies/plans nationaux sont plus nombreux et plus facilement accessibles ; ils évoquent fréquemment l'articulation avec le niveau régional (le plus souvent en termes de perspectives). Par ailleurs ils décrivent des approches de l'adaptation qui peuvent différer selon les pays : à cet égard ils permettent des comparaisons et mises en perspectives intéressantes.

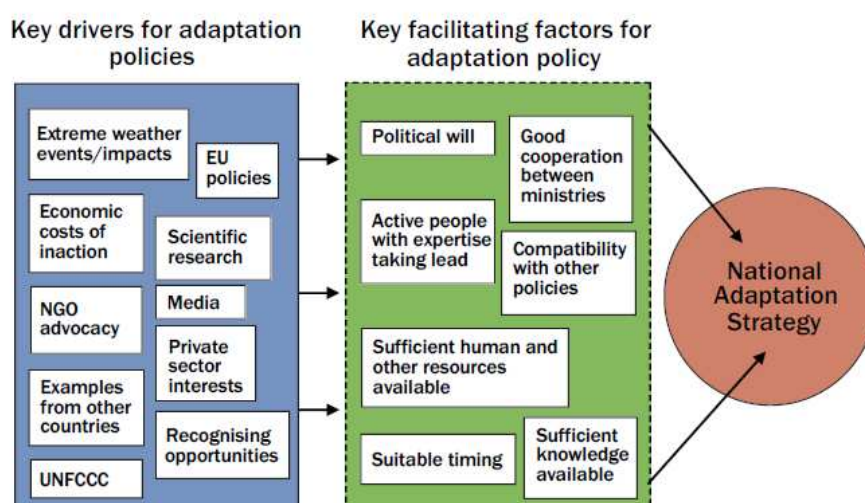
Enfin on peut s'interroger sur les limites des comparaisons entre régions. Le niveau régional recouvre en Europe des réalités très différentes en termes de superficie, de population, d'économie, de cultures politico administratives et au final de capacités d'action. Il y a à cet égard des différences fondamentales entre l'Ecosse, un Land allemand ou une région belge et une petite région française peu densément peuplée.

1.1 La place de l'adaptation dans les politiques climatiques des Etats

1.1.1 Les motivations à s'engager dans l'adaptation

Les motivations de l'adaptation sont à la fois climatiques (protection des biens et des personnes contre les aléas climatiques) et marquées par le contexte économique, social et démographique du pays considéré ainsi que par son insertion dans le contexte international. On peut dresser une liste de principe de ces motivations, voir le tableau ci-dessous.

Figure 1 : Motivations



Source : (Swart, Biesbroek et al. 2009)

En règle générale il est difficile d'identifier pour un pays donné une motivation dominante, les événements extrêmes par exemple, car l'attribution d'un tel événement au changement climatique (et non à la variabilité intrinsèque du climat) n'est pas assurée. Par ailleurs les motivations interagissent les unes avec les autres : par exemple des résultats scientifiques auront d'autant plus d'influence qu'ils seront appropriés par l'opinion publique, elle-même largement façonnée par les médias.

Par ailleurs, un certain nombre de politiques actuelles prennent en charge les aléas climatiques et incluent parfois des considérations liées au changement climatique. S'il ne faut pas négliger leur intérêt, il serait en revanche dangereux de s'en contenter. La mise bout à bout de mesures d'adaptation sectorielles (agriculture, tourisme santé etc.) ou thématiques (inondations, disponibilités en eau douce...) est insuffisante pour constituer un plan. Une vue plus large est nécessaire et un retour sur les motivations y contribue.

Les **négociations internationales** offrent un cadre conceptuel pour la mise en place des stratégies d'adaptations même si un certain nombre d'entre elles n'y font pas référence. Le site web de l'UNFCCC fournit une base de données sur les politiques d'adaptation et les expériences dans différents endroits du monde (http://unfccc.int/adaptation/sbsta_agenda_item_adaptation/items/3633.php) mais concerne essentiellement les pays les moins développés.

Les négociations internationales créent également des obligations

- L'article 4.1 de la Convention des Nations Unies sur le Changement Climatique (CNUCC) demande aux parties de se préparer à et de mettre en œuvre l'adaptation au changement climatique et également d'aider les pays en développement à faire face aux conséquences du changement climatique (article 4.8)
- La COP de Bali dans son plan d'action mentionne la nécessité pour les parties de renforcer leur action dans le domaine de l'adaptation (UNFCCC 2007) et la nécessité de faire une place à l'adaptation dans les futurs accords post Kyoto est maintes fois soulignée
- Le programme de travail de Nairobi sur cinq ans, aide à la mise en place des plans nationaux d'adaptation (NAPAs) mais cela concerne essentiellement les pays en développement (UNFCCC 2006)

Les **expériences d'autres pays** peuvent également être source d'inspiration. Ce sont bien entendu, a priori, des pays présentant des conditions climatiques, socio-économique et démographiques proches que l'on devrait pouvoir tirer les informations les plus pertinentes.

Les **recherches sur les vulnérabilités et les impacts** poussent également à la mise en place des stratégies d'adaptation. Toutefois il ne s'agit pas d'une démarche séquentielle où les études d'impact précèderaient systématiquement la réflexion sur les stratégies ; les premières laissent un certain nombre de domaines inexplorés alors que des réflexions sur les stratégies, motivées par d'autres facteurs (voir ci-dessus) mettent en lumière des besoins de recherche.

Bien que sur le plan scientifique il soit délicat d'établir une relation de cause à effet entre un événement extrême donné et le changement climatique, il n'en reste pas moins qu'en général les **événements extrêmes** sont un facteur de prise de conscience des dangers des dérèglements climatiques dans l'opinion publique et au-delà chez les

décideurs. Cela favorise une prise en compte relativement précoce -si on la compare à d'autres manifestations du changement climatique tout aussi dangereuses- des risques de canicules, inondations et sécheresses.

Le **coût économique de l'inaction** face au changement climatique est également perçu comme une motivation à agir. Si l'argument est très probablement fondé, il n'en reste pas moins que les études à l'appui ne sont pas vraiment à la hauteur de son importance. Au niveau planétaire, il faut rappeler l'impact décisif du rapport Stern (Stern Review 2006) qui a rompu avec des estimations des dommages bien plus faibles (Nordhaus 1995; Tol 2005), en raison notamment de l'emploi d'un taux d'actualisation bien plus respectueux des intérêts des générations futures (Godard 2010). La démarche du rapport Stern reste très globale et on manque nettement d'études au niveau local et sectoriel. Toutefois celles-ci tendent à se multiplier, en particulier à l'initiative des assurances. Au fil des années on doit donc s'attendre à voir cet argument prendre de l'importance.

1.1.2 L'élaboration des stratégies adaptatives : un processus de longue durée

Dans les différents pays, **c'est généralement au niveau national qu'ont été initiées les démarches de prise en compte du changement climatique** ; quelques situations où le niveau infranational est en avance peuvent néanmoins exister dans le cas d'Etats fédérant des entités de grande taille comme c'est le cas aux USA (ex de la Californie). En règle générale c'est toutefois le niveau national qui a pris le premier l'initiative. Il a d'abord commencé par s'intéresser à l'atténuation, l'adaptation étant vue comme défaitiste jusqu'à ce que l'on se rende progressivement compte qu'un niveau de changement climatique inévitable la rendait nécessaire. Il résulte de cette démarche la reconnaissance de la nécessité de deux piliers, atténuation et adaptation, constituants de « Plans climats » dans lesquels le deuxième terme est le moins élaboré. Cette constatation toutefois ne met pas fin aux débats sur les « mérites comparés » de l'adaptation et de l'atténuation et sur la part respective des deux dans la prise en charge du changement climatique par nos sociétés. Comme le rappelle Olivier Godard *« Au-delà de la prise en charge de la part inéluctable de transformation du climat ... le thème de l'adaptation a, dans le passé, servi à minorer l'ampleur des efforts de réduction des émissions à consentir et, à présent, il est le vecteur d'un renoncement implicite à l'objectif de contenir l'augmentation de température à 2 ° C au-dessus du niveau préindustriel.... Cette signification prend appui sur le mode de représentation économique qui pose l'adaptation et l'atténuation comme deux moyens alternatifs équivalents pour une même fin »* alors qu'adaptation et atténuation ne sont pas symétriques ne serait-ce qu'en raison du fait qu' *« au total, le centre de gravité des stratégies d'atténuation concerne une action immédiate et coûteuse à engager par les pollueurs pour un bénéfice collectif planétaire ..., tandis que le centre de gravité de l'adaptation est une action largement différée dans un temps assez éloigné, relevant de l'initiative privée des « victimes » pour des actions procurant des bénéfices privés, mais n'apportant à chaque fois que des réponses partielles et locales à tel ou tel aspect du changement climatique ... On est ainsi conduit à préconiser un double regard sur les mesures d'adaptation, en distinguant celles qui peuvent être mises en balance avec un effort de réduction des émissions dans un calcul d'ensemble et celles qui ne peuvent être éventuellement considérées que dans un état de nécessité où l'irréversible a déjà été commis »* (Godard 2010).

Le premier pays européen à avoir élaboré une stratégie nationale d'adaptation est la Finlande (Ministry of Agriculture and Forestry 2005). Ce travail fait suite à un plan climat de 2001 et il a été terminé fin 2004. Le document était appelé à connaître des approfondissements sectoriels et des plans d'action sous l'égide des différents ministères.

D'autres pays ont suivi : jusqu'à la fin 2008, la France (ONERC 2007), l'Espagne (Gobierno de Espana 2008), le Danemark (The danish government 2008), les Pays-Bas (Ministry of Housing Spatial Planning and the Environment 2007), le Royaume Uni (HM Government 2010) et l'Allemagne (German Federal Cabinet 2008) selon le recensement de l'EEA (EEA 2008). La stratégie nationale belge à quant à elle été publiée en décembre 2010. Naturellement la situation évolue avec de nouvelles stratégies et l'approfondissement de celles publiées en direction de plans d'adaptation plus précis et listant des opérations (avec éventuellement les financements correspondants).

Ce processus prend un certain temps mais les états des lieux que l'on peut dresser s'avèrent rapidement incomplets. Par exemple, en France, des travaux préparatoires aboutissent à une stratégie validée fin 2006 ; des exercices d'évaluation des coûts et une concertation nationale aboutissent en 2009 à une série de recommandations détaillées. Un plan d'action les priorisant et précisant les financements est annoncé pour 2011, alors que certains voient dans cette échéance une précipitation excessive. L'Allemagne est calée sur échéance de même type pour 2011. **En ce qui concerne la Belgique, le calendrier prévoit un plan d'action pour la fin 2012.** Au niveau régional, on peut citer l'état d'avancement des travaux du Grand Londres ou de Hambourg qui permettent vraiment de parler de plans. Pour Londres les actions sont spécifiées avec un acteur chef de file, des partenaires et des dates d'achèvement (même si ces actions consistent pour la plupart en une recherche de l'amélioration des connaissances)(Mayor of London 2010). Hambourg va encore plus loin en précisant dans un bon nombre de cas le financement des actions (Hamburg Parliament 2009).

En outre plusieurs pays ont adopté des plans climat dans lesquels figure un volet adaptation (ordinairement succinct, cf. ci-dessus) ; on peut citer la Hongrie, la Turquie (Republic of Turkey 2010), l'Irlande (Ireland 2007)...

En ce qui concerne les régions (ou les grandes agglomérations) il est encore plus délicat de dresser un inventaire à jour que pour le niveau national. Le recensement de l'EEA identifie en Allemagne les exercices régionaux suivants : Nord Rhénanie-Westphalie, Saxe, Bavière, Hesse et Brandebourg (EEA 2008) ainsi qu'un plan climat très détaillé pour l'agglomération de Hambourg (Hamburg Parliament 2009). Le plan de Hambourg traite de l'atténuation pour la plus grande partie ; la prise en compte de l'adaptation est destinée à être renforcée dans le futur ; toutefois les actions proposées sont déjà suffisamment nombreuses et précises pour qu'il constitue une très intéressante source d'inspiration. De même pour le Royaume-Uni des exercices régionaux concernent l'Ecosse (Scottish Government 2009), le pays de Galles (Welsh Assembly Government 2010), l'Irlande du Nord. A cela il faut ajouter la stratégie d'adaptation du Grand Londres (Greater London Authority 2010), à la limite de la stratégie et du plan, fournissant une liste détaillée de mesures envisagées mais demandant des études de faisabilité. En France on peut citer un exercice sur cinq régions du grand Sud Est (Auvergne, Corse, Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rhône-Alpes) (MEDCIE Grand Sud-est 2008) ainsi qu'un travail sur Poitou-Charentes (non publié), un autre en cours sur la Haute Normandie... **Enfin en Belgique la région Flandres a réalisé une étude débouchant sur une sorte de « guide d'élaboration » pour la rédaction de leur futur plan régional d'adaptation ('Bouwstenen studie') (Departement Leefmilieu 2010).**

Il ne faut pas tirer de ces inventaires nationaux et régionaux des conclusions hâtives sur l'avancement des réflexions dans les différents pays. Certains ont opté pour une démarche descendante ce qui permet d'adopter rapidement une stratégie nationale assez générale à laquelle des exercices régionaux et sectoriels viennent par la suite donner du corps : c'est le cas d'un bon nombre de pays dont la France. Le Royaume uni (DEFRA 2008) où un bon nombre d'exercices sectoriels ou de travaux méthodologiques (mise au point de démarches, guides) ex : (UKCIP 2008) ont précédé ou accompagné la synthèse en une stratégie représente le cas de figure inverse. Le cas de la Belgique

devrait plutôt se rattacher à ce cas de figure dans la mesure où le plan d'adaptation de 2012 sera précédé par les exercices régionaux.

1.2 La gouvernance des études : une question de périmètre

1.2.1 La place du régional par rapport aux autres niveaux

L'échelle régionale est une des six identifiées qui interviennent dans la prise en compte de l'adaptation au changement climatique (Swart, Biesbroek et al. 2009): échelles internationale, supranationale (ex UE), nationale, régionale, locale, échelle des acteurs de terrain et des individus. On peut s'attendre logiquement à ce que les échelles géographiques et institutionnelles supérieures fournissent des éléments de cadrage dont le régional tiendra compte alors qu'il assurera des appuis aux échelles géographiques inférieures et aux acteurs du terrain. On peut également s'attendre à ce que les relations entre les niveaux ne revêtent pas des caractères identiques entre les différents pays européens : convergences et différences méritent d'être explicitées.

Figure 2 : Les niveaux multiples de gouvernance identifiés dans les stratégies nationales d'adaptation

Country	International	European	National	Regional	Local	Individual
Denmark		X	X	X	X	X
Finland		X	X			X
France	X	X	X	X	X	X
Germany	X	X	X	X	X	X
Netherlands		X	X	X	X	
Spain	X	X	X	X	X	
United Kingdom	X	X	X	X	X	X

Source : (Swart, Biesbroek et al. 2009)

Le niveau international avec ses institutions : CCNUCC, Protocole de Kyoto, Conférences des Parties... est une source d'obligations pour les Etats et les Parties sont censées coopérer dans le domaine de l'adaptation. Pour l'essentiel les stratégies élaborées au niveau national s'y réfèrent mollement ; le Royaume Uni, l'Allemagne, la France et l'Espagne reconnaissent leurs responsabilités en matière de coopération en ce domaine mais paraissent les seules à le faire. On comprendra donc qu'a fortiori le niveau régional se sente éloigné de ce cadre de référence.

Dans le cadre de cette étude, le niveau supranational en cause est l'U.E. qui après s'être focalisée sur l'atténuation a produit en 2007 un livre vert sur l'adaptation (Commission des Communautés Européennes 2007) puis en 2009 un Livre Blanc (Commission des Communautés Européennes 2009). L'UE insiste sur la nécessité de traiter l'adaptation aux niveaux territoriaux et institutionnels les mieux appropriés (principe de subsidiarité) et de bien définir les responsabilités des différents niveaux.

On doit s'attendre à ce que le cadrage européen soit d'abord pris en compte dans l'élaboration des stratégies nationales, lesquelles s'y réfèrent peu (ex : Pays bas) à l'exception du Royaume Uni et de la stratégie en cours d'élaboration de la Lettonie. **Les**

stratégies nationales ont plutôt tendance à se référer aux directives (eaux, habitats, risques d'inondation, voir Pays Bas, Finlande) et à la réglementation européenne (ex le Danemark pour l'agriculture, la pêche, la nature et l'environnement). Toutefois la stratégie allemande mentionne la nécessité d'identifier les besoins d'adaptation qui ne peuvent être traités efficacement au niveau des régions et renvoient au niveau national et européen (Swart, Biesbroek et al. 2009)p 106.

Le rôle attribué au niveau national est en principe de définir un cadre, de lever les obstacles, de fournir des incitations et de coordonner les actions des échelles inférieures. Toutefois la portée du national varie très sensiblement selon les pays en lien avec les différences de culture politique et administrative. A un extrême on a l'approche de la Finlande qui compte sur le niveau national pour définir et appliquer les mesures d'adaptation. A l'autre figure l'Espagne composée de sept entités autonomes disposant chacune du pouvoir législatif, exécutif et judiciaire, et chapeautant deux niveaux inférieurs : provinces et communes. **La Belgique pour laquelle il est prévu que le plan national d'adaptation se constitue sur la base des plans régionaux paraît relever de ce dernier cas de figure.** Entre les deux figurent des conceptions de responsabilités partagées au regard de l'adaptation (ex Suède) avec une emprise plus ou moins forte du national sur les niveaux inférieurs. Par exemple au Royaume-Uni l'Etat est censé s'assurer que les niveaux inférieurs mettent en place effectivement des politiques d'adaptation dans un cadre institutionnel qu'il a mis en place à cet effet.

Au niveau régional, comme pour les niveaux nationaux et internationaux l'intérêt porté à l'atténuation a précédé celui pour l'adaptation. Les échelles spatiales les plus larges paraissent les mieux adaptées à l'atténuation qui a trait à des biens publics alors que l'adaptation produisant des biens privés est supposée mieux prise en charge à des échelles spatiales plus fines et par les acteurs les plus en prise avec le terrain (De Perthuis, Hallegatte et al. 2010; Godard 2010). De fait la distribution spatiale des impacts est différenciée selon les lieux et les acteurs. Les stratégies d'adaptation en Allemagne, au Royaume-Uni et en France en tiennent compte chacune à leur manière. Les acteurs et les Länder ont été impliqués en Allemagne dans la mise en place de la stratégie nationale et le sont dans la construction en cours du plan. En Angleterre une instance associant les trois régions de l'Est du Sud Est et le Grand Londres a été mise en place. La France quant à elle se caractérise par une démarche inspirée du Grenelle de l'environnement associant les représentants de l'Etat des régions et collectivités locales et de la société civile (Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer 2010). Même en Finlande, très centralisatrice en la matière, il est prévu que la mise en œuvre de la stratégie d'adaptation dans les domaines de la planification spatiale se fasse en associant les régions.

C'est sans doute la stratégie danoise qui va le plus loin dans la dévolution des responsabilités au niveau local. Elle fait appel au principe de subsidiarité pour faire porter sur les municipalités, les entreprises et les individus la responsabilité d'une adaptation à leur propre initiative et en temps utile. A titre d'exemple les propriétaires fonciers en bord de mer sont clairement responsables pour la protection de leurs biens. De même la stratégie écossaise insiste sur la nécessité de travailler avec les collectivités locales, notamment en raison de leur proximité avec les acteurs de terrain entrepreneurs etc.) et pour veiller à ce que les actions ne se traduisent pas par un renforcement des inégalités, ainsi qu'avec les organisations de la société civile qui bénéficient d'une large confiance de la part des citoyens.

Relativement en contraste, la démarche en France après avoir reconnu qu'en théorie l'adaptation produisant des biens privés ou de club est de la responsabilité des acteurs privés, énumère les limites de cette approche : asymétries dans l'information, difficulté de coordination des acteurs concernés, routines de décision et prise en compte insuffisante du long terme dans les décisions privées d'investissement, absence de prise

en compte des effets externes par les décideurs privés, fonction d'intérêt général des grands réseaux d'infrastructures, pauvreté et contraintes de budget (De Perthuis, Hallegatte et al. 2010) p12-13.

1.2.2 La distribution des responsabilités et leur coordination

Le partage des responsabilités entre les niveaux dépend à la fois du souci de traiter l'adaptation au niveau le plus approprié mais également des cultures politico administratives des différents pays. Il en résulte que certains pays concentrent plutôt les responsabilités au niveau régional et local, d'autres au niveau national, d'autres enfin n'ont pas encore décidé.

Dans tous les cas de figure l'adaptation apparaît comme une responsabilité partagée, même si le partage n'est pas partout le même. Il en résulte bien évidemment un besoin de coordination entre les niveaux et les institutions. Trois possibilités émergent : une coordination à plusieurs niveaux proche du terrain associée à une responsabilité centrale (cas de la Suède), une coordination centrale assurée par un ministère (ex : DEFRA au Royaume Uni) ou par un organisme ad hoc (ex : Danemark). On notera que le choix en matière de coordination peut précéder les décisions de partage des responsabilités comme cela a pu être le cas pour la Suède, l'Espagne ou la Lituanie.

Le tableau ci-dessous synthétise les réponses à ces deux questions pour un échantillon de cinq pays.

Figure 3 : Responsabilités et coordination

Pays	partage des responsabilités	coordination
Danemark	Responsabilités centrées sur le niveau sectoriel (ministères) Egalement responsabilités au niveau municipal	Un forum de coordination sous l'égide du Ministère du climat et de l'énergie, indépendant des 9 ministères. Les associations des régions et des communes en font partie
Finlande	Responsabilité de chaque ministère dans son domaine. Le niveau régional ou local n'est pas mentionné	Groupe de coordination sous l'égide du ministère de l'agriculture et de la forêt à des fins de suivi et d'appui à la stratégie
France	Encouragement aux niveaux infra-nationaux à développer leurs stratégies (obligations de produire des documents de planification) ; pas de partage des responsabilités clairement défini	Responsabilité de l'ONERC
Allemagne	Pas de partage défini mais la stratégie insiste sur la responsabilité du secteur privé et des territoires. Le rôle du gouvernement fédéral est limité à la coordination, à l'arbitrage des conflits, à l'international au conseil et parfois à la fiscalité	Coordination par le ministère de l'environnement fédéral et application coordonnée par un nouveau groupe interministériel
Royaume - Uni	La stratégie nationale avalise les actions régionales et locales. L'Etat fixe le cadre, les obligations et lève les obstacles	Le gouvernement est responsable conjointement avec le DEFRA. Les questions internationales sont coordonnées par le Department for Energy and Climate Change

Source : d'après (Swart, Biesbroek et al. 2009)

1.2.3 Le rôle des acteurs et leur participation au processus

Il est fréquemment souligné que l'adaptation au changement climatique produit des biens privés ou « de club » (De Perthuis, Hallegatte et al. 2010) et qu'elle doit donc fondamentalement être prise en charge par les acteurs du privé, ce qui est par exemple vigoureusement souligné dans la stratégie danoise (The danish government 2008). De fait, par rapport à d'autres enjeux environnementaux (la biodiversité par exemple) l'emprise des externalités est sans doute moins forte et les acteurs devraient donc s'engager de manière volontaire plus facilement. Toutefois de multiples travaux dressent également la liste des défaillances du marché et inventorient les obstacles à l'implication des acteurs : **manque de connaissances, de moyens financiers ou en ressources humaines, manque d'intérêt à agir (externalités), de volonté de coopérer (stratégies de cavalier seul)...**

Ce type de préoccupation concerne à la fois l'adaptation au niveau national et au niveau régional ; c'est pourquoi nous nous appuyons ici également sur l'analyse des stratégies nationales.

Dans un premier temps il peut être utile de faire un état des lieux des dispositions des acteurs lequel renseigne sur la capacité à les activer, ce qui est possible, par exemple, à partir de la stratégie allemande (German Federal Cabinet 2008) ainsi que le montre le rapport PEER N°1 (Swart, Biesbroek et al. 2009) avec le tableau ci-dessous.

Figure 4 : Les dispositions des acteurs en Allemagne

Climate change impacts	Sectors affected and societal action needed	Vulnerability/ Responsibility	Knowledge/ Awareness	Capacity	Self-Interest & consensus
Average change in weather- and bio-conditions	Agriculture	Adapt crops and farming methods			Partially contrary effects of GAP
	Forestry	Change Crops			Long-term anticipation required
	Nature Protection	Change habitat protection schemes	Details widely unknown		External effects
	Tourism	Positive effects of longer summer seasons			
Flood risk	Water Management	System of retention areas, dikes			External effects
	Regional spatial policy	Hold free retention areas; flood proof settlements			External effects Contrary economic interests
Decreasing precipitation, drought	Water management	Water saving, long distance transport etc.			
	Agriculture	Adapt cropping system, establish irrigation system			
	Industry	Save water, change cooling systems;			
	Transport shipping	Shipping restrictions due to low river stages			
Extreme weather events	Infrastructure, transport	Weather-proof transport and constructions			
	Private households	Weather-proof houses; insurances			
Heat waves	Health system	Early warning systems; medical care			
	Labour & Industry	Cooling and AC; adapt operational hours			
	Buildings	Adapt construction; air conditioning			
	Private life	Adapt behaviour			
New diseases	Health system	Precaution; new medication; additional capac.			

Degree:	low	middle	high
---------	-----	--------	------

Source : (Swart, Biesbroek et al. 2009)

Dans la mesure où elle est possible, **l'implication des acteurs peut permettre** :

- D'aider à identifier les adaptations possibles et à sélectionner les plus appropriées
- De mobiliser des savoirs et des savoir-faire qui sont inconnus dans l'espace public
- D'évaluer la capacité des acteurs à faire face aux impacts
- De construire une connaissance partagée des impacts, vulnérabilités et des possibilités d'adaptation
- D'identifier les besoins prioritaires du point de vue des acteurs.

Il n'est donc pas étonnant que les stratégies d'adaptation nationales s'assurent d'une participation des acteurs lors de leur conception et/ou de leur mise en place comme le montre le tableau ci-dessous.

Figure 5 : Les approches participatives dans les stratégies d'adaptation

	<i>Participation in developing NAS Which and how were stakeholders involved?</i>	<i>Participation in implementing NAS Which and how will stakeholders be included?</i>
AT	<i>So far, through 2 stakeholder workshops, mainly experts and government officials</i>	<i>Not yet specified</i>
DE	<i>So far, through 3 stakeholder conferences, mainly experts and government/municipal officials</i>	<i>Not yet specified</i>
DK	<i>Public consultation process involving more than 40 respondents from a wide spectrum of society</i>	<i>Self-mobilisation of stakeholders is advocated in NAS. NGO's are not formally represented in the Coordination forum on adaptation</i>
FI	<i>Mainly representatives of ministries, researchers and sectoral stakeholders. Public hearing before NAS was finalised</i>	<i>The NAS is implemented in cooperation with sectoral stakeholders, primarily in the form of sectoral strategies and action plans.</i>
FR	<i>Stakeholder meetings</i>	<i>Not yet specified</i>
LV	<i>Mainly scientists, representatives of other ministries, agencies and enterprises. Development in workshops and interactive sessions</i>	<i>Not yet specified</i>
NL	<i>Mainly ministries, governmental representatives, experts on climate change</i>	<i>Regional consultation rounds and workshops with regional and sectoral representatives. Experiments with local interactive participation (B) in "Hotspots"</i>
PT	<i>Ministries, governmental representatives, local stakeholders, stakeholders per sector, mainly through workshops and conferences</i>	<i>Not yet specified</i>
ES	<i>Public consultation process for the adoption of the NAS</i>	<i>Not yet specified</i>
SE	<i>Participation and consultation processes are advocated in the upcoming climate bill</i>	<i>Not yet specified</i>
UK	<i>Developing the National Adaptation Strategy is mainly the work of scientists and policymakers.</i>	<i>Stakeholders are expected to be involved through the new "Partnership Board" to both advise government on the development of the programme and be active participants in it.</i>

Source : (Swart, Biesbroek et al. 2009)

On constate que lors de l'élaboration des stratégies nationales le cercle des participants est restreint aux fonctionnaires, experts représentants des collectivités locales et parfois associe des ONG (Danemark), des acteurs du privé (France) voire le public via une consultation par Internet (Espagne, Finlande). Lorsque l'on s'oriente vers la mise en œuvre de la stratégie, le cercle des acteurs tend à s'élargir ; c'est ce que l'on constate par exemple pour le Royaume-Uni ou les Pays-Bas.

Au niveau régional, le paradigme est de même nature. Par exemple l'élaboration d'une stratégie d'adaptation reste essentiellement une affaire de fonctionnaires et d'experts dans le cas de l'Ecosse. En Poitou-Charentes, les socioprofessionnels ainsi que quelques ONG (protection de la nature) ont été soigneusement consultés. L'initiative du Grand Londres a procédé à une consultation publique. Il va de soi qu'en cas de mise en place des dispositifs d'adaptation (mesures d'urbanisme face aux risques de submersion marine ou d'inondations, création de couloirs de migration des espèces etc.) le dialogue avec les socioprofessionnels et les associations changerait d'ampleur et de nature (introduction d'une dimension de négociation).

Ainsi l'absence d'une implication du public au niveau de l'élaboration des stratégies régionales d'adaptation n'est pas choquante. On ne peut multiplier ce type de consultation d'autant que le public a été éventuellement consulté antérieurement sur les politiques climatiques régionales (certes centrées sur l'atténuation) via internet ou des « conférences de citoyens » (Poitou-Charentes).

1.3 L'approche méthodologique des stratégies d'adaptation

1.3.1 Vulnérabilités : secteurs et thématiques

Qu'il s'agisse d'approches nationales ou régionales, on note de larges similitudes dans l'identification des vulnérabilités. Ceci étant on peut distinguer les travaux qui optent pour une vision large et exhaustive des vulnérabilités (stratégie nationale allemande, stratégies régionales Poitou-Charentes ou Grand sud-est de la France) de ceux qui se focalisent probablement dès le départ sur quelques domaines qui paraissent à l'évidence prioritaires (Ex : Grand Londres : risques inondation, sécheresse et chaleur (Mayor of London 2010)). **La stratégie nationale d'adaptation de la Belgique liste les secteurs suivants : la santé, le tourisme, l'agriculture, la forêt, la biodiversité et les écosystèmes et de l'eau, les zones côtières, les systèmes de production et les infrastructures physiques.** La focalisation plus ou moins forte suivant les travaux renvoie sans doute à des choix initiaux de nature politique autant que scientifique : la liste des secteurs/problématiques est spécifiée dans le cahier des charges des études, même si l'expérience prouve qu'elle peut être infléchie par un dialogue entre le maître d'ouvrage et l'exécutant au début de l'étude.

Certains travaux hiérarchisent fortement les vulnérabilités et les nécessités (ou potentiels) d'adaptation (ex : Espagne France, Pays-Bas, Poitou-Charentes) d'autres beaucoup moins. L'exercice de hiérarchisation ne se limite pas à un regard sur les secteurs d'activité, il est fréquemment associé à la mise en évidence de problématiques transversales (ex Flandres, Poitou-Charentes) ; **une problématique est qualifiée de transversale à partir du moment où les mesures d'adaptation la concernant conditionnent celles de plusieurs secteurs.** Ainsi la stratégie nationale française identifie comme problématiques transversales l'eau la santé, la biodiversité, la gestion des risques à côté des secteurs économiques (agriculture, production d'énergie, tourisme, assurances etc.). Les problématiques transversales se retrouvent souvent considérées

comme prioritaires : par exemple pour Poitou-Charentes ; l'eau, la gestion de la chaleur d'été et les submersions marines. Cas un peu particulier le plan d'adaptation pour le Grand Londres identifie d'abord trois risques majeurs : les inondations, le manque d'eau et l'excès de chaleur, puis quatre problématiques transversales (cross-cutting issues): la santé, l'environnement, l'économie, les infrastructures qui recouvrent en fait des analyses de secteurs ou de milieux (Mayor of London 2010). La démarche est donc l'inverse de celle de Poitou-Charentes : les risques sont identifiés en premier avant que leurs implications soient déclinées pour les activités (ex : transports urbains).

Enfin, l'identification des vulnérabilités fait apparaître des spécificités nationales ou régionales : tout le monde n'est pas concerné par la vulnérabilité des milieux arctiques, des zones côtières, des montagnes etc.

Figure 6 : La vulnérabilité des secteurs dans les stratégies nationales

Vulnerable sector	DE	DK	ES	FI	FR	LV	NL	NO	PT	SE	UK
Agriculture	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Biodiversity/nature conservation	X	X	XX	X	XX	X	X	X	X	X	X
Energy, electricity supply	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Finance and insurance	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Forests, forestry	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Human health	X	X	X	X	XX	X		X	X	X	X
Water resource management	X	X	XX	X	XX	X	XX		X	X	X
Construction and buildings	X	X	X	X	X		X		X	X	X
Fisheries	X	X	X	X		X		X	X	X	X
Coastal management	X	X	XX			X	X		X	X	X
Tourism and recreation	X		X	X	X		X		X	X	X
Spatial planning, land use	X	X		X			XX	X	X		X
Transport	X	X	X	X	X					X	X
Communications and infrastructure	X	X		X				X		X	
Industry	X		X	X	X						X
Emergency and rescue services	X	X				X					
Soils	X		X						X		
Foreign policy	X							X			
Hunting			X	X							
Mountainous zones	X		X								
Reindeer husbandry				X						X	
Arctic								X			

NB. Les secteurs clés et les problématiques transversales sont affectées de XX

Source : (Swart, Biesbroek et al. 2009)

Figure 7 : La vulnérabilité des secteurs dans les stratégies régionales

Région/vulnérabilités	Ecosse	Pays de Galles	France Grand Sud-Est	Poitou-Charentes	Région Flandres	Hambourg	Londres
Eau							
Agriculture							
Forêt							
Biodiversité							
Aménagement du territoire							
Transports							
Infrastructures							
Logement							
Energie							
Santé							
Secours, urgences							
Entreprises							
Pêcheries							
Littoral							
Patrimoine historique							
Tourisme							
risques							

Source : (MEDCIE Grand Sud-est 2008; Hamburg Parliament 2009; Scottish Government 2009; Departement Leefmilieu 2010; Mayor of London 2010; Welsh Assembly Government 2010)

1.3.2 Identification des éventuelles opportunités

L'identification des aspects positifs du changement climatique est un leitmotiv constant des travaux quelque soit le niveau spatial ou institutionnel, du GIEC aux exercices régionaux. Alors que les travaux scientifiques attirent l'attention sur une large domination des impacts négatifs, cette insistance paraît liée à un désir de ne pas traumatiser les acteurs (des politiques aux industriels...) et de favoriser une prise de conscience progressive.

Il n'en reste pas moins que des aspects positifs du changement climatique peuvent être actuellement constatés : l'augmentation de la période de croissance végétative, celle de la teneur en CO₂ se traduisent dans une bonne part de l'Europe par une augmentation des rendements agricoles et forestiers, ce qui ne manque pas d'être signalé. On peut noter que les travaux insistent sur le caractère transitoire et les limites de ces impacts positifs : pour le niveau des changements climatiques à venir des seuils seront franchis qui annihileront cet avantage (températures trop élevées et surtout réduction des disponibilités en eau).

Par ailleurs les impacts positifs ont souvent des contreparties négatives. Par exemple, la baisse des besoins de chauffage en hiver est associée à une demande potentielle de climatisation en été. Surtout le bilan devient de moins en moins favorable, ou de plus en plus défavorable au fur et à mesure que le changement climatique se renforce : une

baisse de la mortalité hivernale liée à des températures plus douces est plus que compensée par la hausse de la mortalité liée aux canicules en cas de changement climatique fort.

Les impacts positifs ont sans doute tendance à être plus présents dans le nord de l'Europe que dans le sud ; le tourisme est un cas qui l'illustre bien, avec des opportunités qui s'ouvrent en été pour les pays du nord , alors qu'au sud les perspectives sont moins encourageantes (potentialités accrues dans les intersaisons mais dégradation des conditions de plein été)(Amelung, Nicholls et al. 2007; Moreno, Amelung et al. submitted).

1.3.3 L'articulation avec la recherche

L'interaction entre la science et la prise en charge du changement climatique par les acteurs et les institutions s'est d'abord organisée au niveau national et international. Un grand nombre de questions qui s'y posent se retrouvent au niveau régional ; de plus le regard porté sur le niveau national permet d'identifier avec le niveau régional des différences d'approches et de contenu, déjà constatées ou à prévoir.

Du côté de la science **on peut distinguer trois types de recherches : fondamentales d'abord sur les systèmes climatiques, en second lieu sur les impacts et troisièmement sur les vulnérabilités et les adaptations.** L'essentiel de la recherche a d'abord relevé de la première catégorie avant que ne se développent la seconde puis la troisième phase. En termes de moyens, la recherche sur les systèmes climatiques domine toujours ; elle est la plus éloignée et la moins aisément traduisible en termes pertinents au niveau régional.

Le volume de la recherche dépend à la fois de la volonté politique des pays et de leur taille. Les petits pays sont ainsi naturellement moins autonomes et sont contraints à décliner les résultats de leurs grands voisins, ceux d'institutions (le GIEC) ou de programmes de travail internationaux (ex : Prudence, PESETA etc.). On notera qu'au fil du temps avec le resserrement de la maille des modèles, les résultats sont de plus en plus appropriables pour ces pays et peuvent même être utilisés à des échelles régionales. Toutefois, les recherches sur les systèmes climatiques sont plus facilement transposables d'un pays à l'autre que les travaux sur les impacts, les vulnérabilités et l'adaptation, plus marqués par les spécificités locales, y compris socio-économiques. Il n'en reste pas moins que les travaux des pays précurseurs peuvent être d'une grande utilité en termes de méthodes.

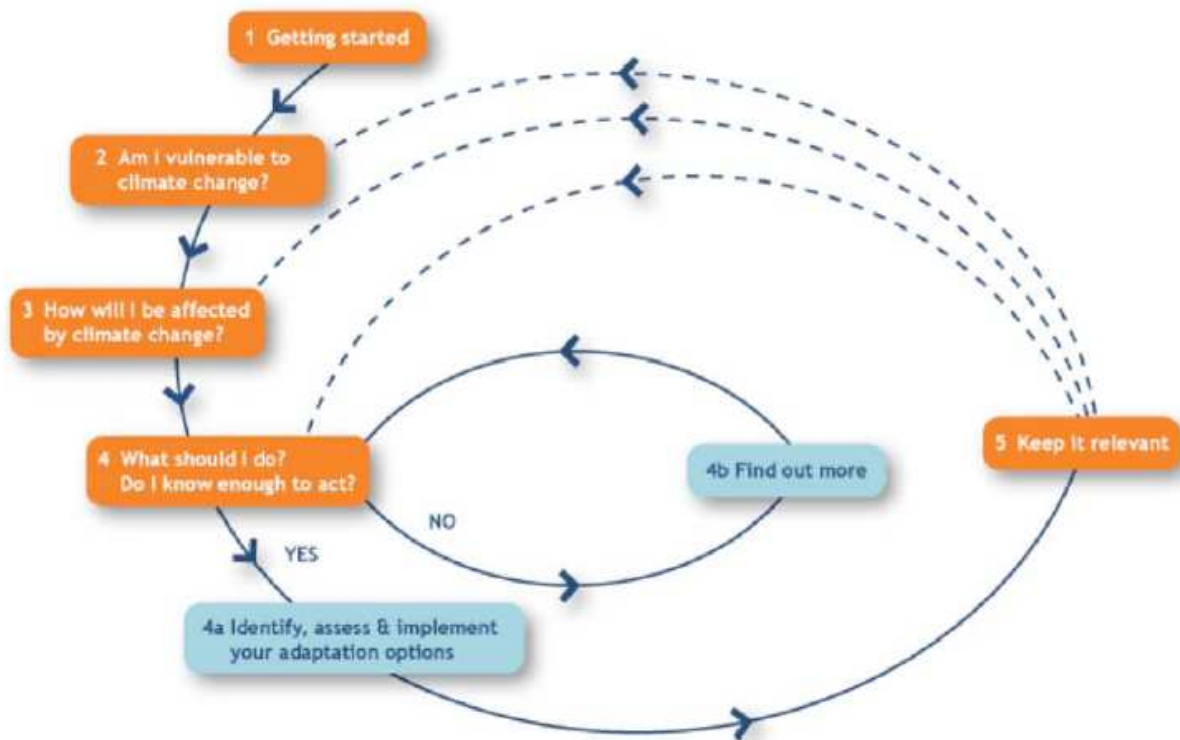
Le lien entre la science et ses utilisateurs nécessite des institutions, et d'abord des institutions chargées d'établir des passerelles. Elles doivent disposer des instruments, des méthodes, des techniques, des mécanismes permettant d'assurer la médiation entre science et politiques (par ex : les études d'impacts), et également impliquer les acteurs des deux mondes, plus des professionnels de la médiation.

L'United Kingdom Climate Impacts Program (UKCIP), fondé en 1997 est un cas intéressant de ce type d'organisme. Travaillant à l'interface de la politique, de la science et de la société, il est connu pour ses analyses partant des acteurs, mais assurant le lien avec la recherche. Ainsi l'UKCIP Wizzard décrit de façon très détaillée les étapes de la construction d'une stratégie d'adaptation revoyant pour chacune d'entre elles aux sources d'informations scientifiques (UKCIP 2008).

L'adaptation Wizzard de l'UKCIP

Dans le cadre de l'UKCIP les travaux ont notamment abouti à la mise en place d'un guide de l'adaptation. Le guide, à destination des organisations, est extrêmement détaillé quant à sa méthodologie (voir en résumé et en **annexe 1**) il est adaptable pour un grand nombre d'organisations et renvoie à des sources de données qui certes sont adaptées au cas britannique, mais en tout été de cause il s'agit probablement du document sur lequel on peut le plus commodément s'appuyer pour bâtir des stratégies et des plans d'adaptation moyennant toutes les adaptations nécessaires.

Une démarche en 5 étapes est proposée



D'autres institutions assurent la coordination : elles peuvent être des services logés au sein de l'administration (ex : l'ONERC en France) ou des « projets » (ex : le KOMPASS au sein de l'Agence fédérale de l'environnement en Allemagne).

Des organismes ayant une fonction de conseil et d'étude constituent une troisième catégorie, comportant des universités ou organismes de recherche (ex Potsdam Institute for Climate Impact Research), des agences à l'échelle Européenne (EEA) ou nationale (l'ADEME en France).

Enfin on doit inclure les structures qui se chargent de la rédaction des stratégies. A un niveau national l'administration généralement garde la main (à l'exception du Portugal où la rédaction a été confiée à un bureau d'études). Au niveau des régions les administrations ont tendance à externaliser une part plus importante du travail.

Les stratégies régionales d'adaptation éprouvent naturellement le besoin de se référer aux futurs climatiques décrits par les scénarios. La nécessité d'un calage par rapport à plusieurs scénarios avec des perspectives de changements climatiques plus ou moins

importants, essentiellement perçus à travers les températures¹, est bien plus fréquemment admise que celle d'utiliser plusieurs modèles (la stratégie nationale allemande le fait toutefois). Dans les stratégies nationales la référence à des scénarios SRES est fréquente. Chaque pays ne choisit d'ailleurs pas les mêmes : cependant les stratégies danoise, suédoise et française ont en commun la référence à A2 et B2. D'autres pays ou régions (ex : l'Ecosse) se calent sur des scénarios construits par leurs instituts de recherche voire sur des scénarios aboutissant à une hausse de température de 2°C, devenue l'objectif européen et maintenant mondial.

Les exercices régionaux choisissent également des références diverses (la Région Flamande se distingue en faisant référence aux quatre familles de scénarios SRES). Les donneurs d'ordres régionaux peuvent d'ailleurs choisir des scénarios s'écartant du choix national : en France par exemple la région Poitou-Charentes a retenu les scénarios A1B, A2 et B1 (A2 et B2 au niveau national), explorés avec le seul modèle de Météo-France. Ceci ne facilite pas les synthèses nationales.

Les travaux préparatoires aux stratégies d'adaptation régionales font largement appel aux études sectorielles nationales dont le discours peut s'avérer régionalisé. En France par exemple c'est le cas pour les impacts sur la forêt et les possibilités d'adaptation (Romant-Amat 2007), pour la viticulture dont on peut aisément imaginer les implications du changement climatique pour les cépages (Seguin and Garcia de Cortazar ND) ou pour les retraits/gonflements des argiles où le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) fournit des cartes détaillées selon deux scénarios (ceux retenus dans l'exercice d'adaptation national).

Les modifications de l'hydrologie à attendre sont renseignées par des études de bassin qui dépassent le cadre régional, mais ne couvrent pas toujours l'ensemble du territoire.

Il peut arriver aussi que, faute de références nationales on soit conduit à se raccrocher à de travaux faits à l'étranger (par exemple en matière de submersion marine aux travaux britanniques), avec les risques que suppose ce genre de transposition, même si on essaie de les marier avec des données régionales.

Au bout du compte, une fois qu'ils ont puisé tout ce qu'ils pouvaient dans les travaux scientifiques disponibles, les exercices régionaux ont en commun d'identifier un bon nombre de problématiques non renseignées ou nécessitant des précisions au niveau de la région.

1.3.4 Communication et sensibilisation

Les documents analysés au niveau national et régional reconnaissent pour la majorité la nécessité de communiquer et de sensibiliser. Ceux qui ne s'y attachent pas sont en fait à un degré d'élaboration relativement intermédiaire où ils ne se sont pas encore posé la question (ex Poitou-Charentes). Les cibles sont à la fois les acteurs et le grand public. Dans la mesure où l'adaptation est souvent considérée comme étant l'affaire d'acteurs de terrain ou privés, il est logique que ceux-ci soient convenablement informés. Il en va de même si l'on s'attend à ce que des stratégies et plans d'adaptation soient développés au niveau régional.

C'est au niveau national qu'ont d'abord été mises en place les instances chargées pour le compte des pouvoirs publics de la communication et de la sensibilisation. Les premiers efforts de communication et de sensibilisation concernant le changement climatique ont porté sur l'atténuation, ce qui reflétait la priorité qui lui a été d'abord

¹ Le fait que les scénarios représentent des univers socio économiques et démographiques différents est totalement passé sous silence

accordée, et qui se fait encore sentir. Les outils mis en place sont très variables d'un pays à l'autre, notamment dans leurs ambitions et leurs façons de procéder. La création d'un site internet est naturellement centrale : la question est plutôt de savoir si on se contente de mettre à disposition des informations (ex : Lituanie, Portugal) ou si un effort est fait sur des outils de vulgarisation tels que les brochures ou les guides et dans quelle mesure la dimension de l'adaptation est présente.

On peut s'interroger sur la pertinence de cette centralisation dans le domaine de l'adaptation. Elle peut s'avérer commode dans la mesure où les acteurs locaux peuvent très bien trouver ce qui les concerne dans des informations gérées nationalement (dans une base de données nationales sur le gonflement /rétractation des argiles par exemple). La multiplicité des sources d'information peut également aboutir à la délivrance de messages sous des formes différentes, voire perçues comme contradictoires.

L'intérêt d'une communication complémentaire au niveau régional réside dans la mise à disposition pour les acteurs de données (ou de liens vers des données pertinentes) au niveau local et qui n'ont pas toujours leur place sur un site national. En outre il est légitime que les instances nationales communiquent sur leurs politiques et leurs réalisations. La Grande-Bretagne qui est parmi les plus avancés en matière de communication/sensibilisation associe les deux approches : l'importante panoplie de données et d'outils disponibles auprès de l'UKCIP n'exclut pas que les administrations locales et les régions soient considérées comme des sources d'informations. Par exemple, la stratégie/plan d'adaptation du Pays de Galles prévoit des actions de sensibilisation de la population vis-à-vis des impacts du changement climatique et plus particulièrement des risques d'inondations, des actions de communication ciblant les collectivités locales et les organisations de la société civile, ainsi que des informations et conseils en direction des entreprises (Welsh Assembly Government 2010)

Enfin il ne faut pas négliger l'apport des expériences étrangères, aspect destiné à être pris en charge au niveau de l'UE par la création sous l'égide de l'EEA d'une base de données et d'expériences sur les impacts, les vulnérabilités et l'adaptation.

1.3.5 Evaluation et mise à jour

L'adaptation ne doit pas être conçue comme un ensemble d'actions dont on peut dresser la liste aujourd'hui et qui assurerait la transition du climat actuel au climat futur.

On est en effet sûr que nos sociétés vont devoir faire face à un climat qui va changer pendant des siècles (en raison de la durée de vie des gaz à effet de serre, de la dilatation engagée des océans qui va durer plus d'un millénaire etc.) et dont on est loin de connaître actuellement toutes les péripéties. En bref, nos sociétés (et les sociétés qui suivront) devront s'adapter à un climat qui ne cessera d'évoluer. Il en résulte que les stratégies d'adaptation devront être sans cesse révisées et qu'un plan d'adaptation (par ex pour les 20 années à venir) n'est qu'une étape dans un processus beaucoup plus long.

Ceci met en lumière la nécessité d'évaluer stratégies et plans périodiquement (avec quels indicateurs ?), de rapporter sur ces évaluations, et au final de réviser les stratégies et plans en intégrant à la fois les connaissances nouvelles et les résultats de l'évaluation effectuée.

On a par ailleurs insisté sur l'importance de l'échelon local ou régional dans l'adaptation, en termes de formulation des besoins et d'actions mises en place, alors que globalement les stratégies et plans d'adaptation ont un temps de retard par rapport à l'échelon national. On peut logiquement faire valoir que l'évaluation et la révision au niveau national doit être alimentée par des exercices de même type au niveau des régions et

des secteurs. Si le niveau national veut pouvoir réaliser une synthèse, il importe qu'il définisse un cadre à ceux qui l'alimentent (qu'est-ce qu'on évalue, qui est impliqué, quelle est la périodicité etc.). Il s'agit donc d'un processus itératif dont on peine actuellement à voir les prémices tant au niveau national que régional.

La plupart des pays européens définissent des institutions qui sont chargées de la mise à jour des informations concernant l'adaptation (données scientifiques, programmes et actions, mais aucune d'entre elles n'a le mandat d'évaluer ou de réviser la stratégie nationale. La périodicité de l'exercice n'est pas non plus définie à l'exception de la Finlande, du Royaume-Uni (tous les cinq ans) et à un niveau régional de l'Ecosse et du Pays de Galles. Le périmètre de l'évaluation reste très flou et la responsabilité de sa mise en œuvre n'est pas affectée.

Le cadre des obligations de reporting des niveaux régionaux et sectoriels n'est jamais défini par le niveau national à l'exception du Royaume-Uni où le Climate Change Bill attribue la responsabilité du reporting au gouvernement, lequel peut demander aux organismes publics et aux acteurs majeurs de rapporter sur la façon dont ils évaluent les risques et les opportunités du changement climatique et la manière dont ils les prennent en charge. Cette disposition s'applique à l'Angleterre, au Pays de Galles et à l'Ecosse pour lesquels une révision annuelle est prévue (Scottish Government 2009; Welsh Assembly Government 2010).

L'évaluation nécessite à la fois la fixation d'objectifs et le recours à des indicateurs si possible quantifiés pour mesurer la progression effectuée. On en est loin, et seules les stratégies de la Finlande et du Royaume-Uni reconnaissent explicitement la nécessité de développer des indicateurs de performance quantitatifs (noter que les régions ex : Ecosse ne relaient pas cette exigence en dépit d'un programme d'évaluation et de révision plutôt précis (Scottish Government 2009). Passer de l'intention à la réalisation ne sera pas aisé. Tout d'abord on ne peut s'attendre à aboutir à un indicateur synthétique de l'adaptation, ce qui ne paraît ni réalisable (complexité) ni souhaitable (lisibilité, interprétation). Chaque dimension ou action de l'adaptation doit être suivie individuellement étant donnée notamment la diversité des enjeux au niveau des territoires. Même avec cette optique, le travail considérable effectué par le Potsdam Institute for Climate Impact Research (Zebish, Grothmann et al. 2005) sur les vulnérabilités et les capacités d'adaptation pour l'Allemagne ne réussit pas à aboutir à des indicateurs quantifiés et se replie sur des indicateurs qualitatifs reflétant des dires d'experts ou des opinions d'institutions régionales dont il reconnaît clairement la subjectivité.

Face à ce type d'obstacle la tentation est forte de recourir à des indicateurs déjà existants même si leur pertinence par rapport à la problématique n'est pas des plus nettes. Ainsi la stratégie finlandaise recourt à des indicateurs existants de développement durable (autosuffisance alimentaire, usage de pesticides etc.). Une autre voie consiste à se relier sur des indicateurs procéduraux quantifiés ou non (ex : nombre de plans de prévention des risques, existence de brochures sur l'adaptation au niveau régional), censés refléter des évolutions dans la prise de conscience ou les comportements et dont on se contentera dans un premier temps

Actuellement on ne peut dresser qu'un état des lieux instable des démarches d'adaptation en Europe. Les régions et les Etats en sont à des degrés d'avancement très variables des démarches allant des prémices de l'élaboration d'une stratégie nationale à des plans précis d'action avec une prévision (partielle) des financements. Les éléments dont nous disposons pour un benchmarking n'en sont pas moins riches et permettent d'éclairer les différentes options qui s'offrent pour les stratégies et plans en construction, notamment sous les aspects suivants :

- L'articulation des exercices régionaux par rapport à ceux des autres niveaux et en particulier du national (démarches ascendantes ou descendantes etc.)
- Le partage des responsabilités entre les niveaux et les structures de coordination
- L'implication des acteurs (privé, société civile...)
- La place des approches sectorielles dans la démarche et le traitement des questions transversales (risques...)
- L'organisation du lien avec la recherche

On constate également que les stratégies de communication et de sensibilisation en sont à des niveaux très différents selon les pays et que les processus d'évaluation et de révision des plans et des stratégies sont dans la grande majorité des cas très flous.

Si l'on regarde le processus séquentiel d'une démarche d'adaptation tel qu'il est formulé par l'UKCIP, la Wallonie se situe clairement vers le début de la démarche. Le travail est centré sur l'étape 3 : « comment sera-t-on affecté par le changement climatique ? », faisant référence à une étape 2 précédemment bien documentée : « identifier et documenter les vulnérabilités au climat actuel », et devant au bout du compte répondre à une série de questions de l'étape 4 : « que faire ? ».

2 Les avenir climatiques de la région Wallonne

2.1 Les évolutions récentes du climat en Belgique

L'Institut Royal Météorologique (IRM) de Belgique a publié le rapport « Vigilancia Climatique » en 2009. Celui-ci exprime les tendances climatiques observées sur le territoire de la Belgique.

Résumé de l'évolution du climat en Belgique

Des mesures météorologiques régulières ont débuté en 1833 dans la région bruxelloise, à Saint-Josse-ten-Noode, puis se sont poursuivies à Uccle à partir de 1886 lorsque l'Observatoire a été déplacé sur le site actuel de l'IRM. Les plus longues séries de mesures effectuées à Bruxelles permettent d'aborder la question de l'évolution du climat belge au cours des 170 dernières années. D'autres stations d'observations fournissent également des renseignements utiles, mais sur des périodes de temps plus courtes, situées dans la seconde moitié du 20^e siècle.

Il ressort de l'ensemble des données analysées dans la présente étude que **le climat belge a évolué au cours du 20^e siècle**. En particulier, des augmentations très marquées et assez brutales des **températures saisonnières et annuelles (de l'ordre de 1 °C) se sont produites à deux reprises, tout d'abord dans la première moitié du 20^e siècle et ensuite dans les années 1980**.

La fréquence des vagues de chaleur montre une tendance à la hausse significative vers le milieu des années 1990. La variabilité de ce paramètre est cependant importante tout au long du 20^e siècle et les caractéristiques des vagues de chaleur des années les plus récentes sont relativement similaires à celles qui furent observées dans les années 1940, à la suite du réchauffement estival de la première partie du 20^e siècle. D'autre part, la fréquence des vagues de froid a diminué de manière significative au début des années 1970.

L'augmentation générale des températures minimales au cours du 20^e siècle est aussi à l'origine d'un allongement de la période la plus longue de l'année sans jours de gel. En effet, le dernier jour de gel à la sortie de l'hiver a tendance à être plus précoce et le premier jour de gel à l'approche de l'hiver a tendance à être plus tardif.

Pour les précipitations, entre le début des relevés en 1833 et la fin du 20^e siècle, on observe en région bruxelloise une augmentation d'environ 7 % des cumuls annuels (très significative) et d'environ 15 % des cumuls hivernaux (très significative) et printaniers (significative).

De plus, dans le pays, au cours des 50 dernières années, on observe dans la plupart des stations climatologiques une tendance à des augmentations, significatives ou très significatives, **des extrêmes annuels des pluies cumulées sur plusieurs jours**; ce type de précipitations extrêmes se produit généralement en hiver. Par contre, les maxima annuels des précipitations sur 24 heures (ou sur des durées encore plus courtes) sont stables, sauf près du littoral où, selon une étude récente, les maxima annuels journaliers présentent déjà une augmentation significative.

À Uccle, **l'analyse des maxima annuels** depuis 1898 des précipitations sur des durées de 1 heure à quelques heures n'indique pas d'évolution marquée pour ces paramètres. D'autre part, malgré quelques valeurs record au cours des années récentes, la fréquence annuelle du nombre de jours où les précipitations ont atteint au moins 20 mm ne montre pas non plus jusqu'ici d'évolution significative à Uccle.

Enfin, on peut conclure de l'ensemble des **données de précipitations analysées que ni l'intensité, ni la fréquence des orages violents n'ont subi, dans la région bruxelloise, d'augmentation marquée depuis le début du 20e siècle.** À partir de l'analyse des maxima annuels des précipitations journalières relevées dans le réseau climatologique belge, on arrive à une conclusion similaire pour l'ensemble du pays au cours des 50 dernières années, sauf sans doute pour la région proche du littoral.

Une étude exhaustive de l'évolution des sécheresses en Belgique demanderait de nombreuses analyses qu'il n'a pas été possible de mener dans le cadre de ce travail. Le principal résultat de l'étude préliminaire entreprise ici indique que les durées des plus longues périodes sans précipitations notables à Uccle ne présentent pas d'évolution significative depuis le début du 20e siècle.

En relation avec les élévations de températures du début et de la fin du 20e siècle, **les précipitations sous forme neigeuse** sont devenues moins fréquentes à Uccle de manière très marquée. L'enneigement au sol est très variable d'une année à l'autre et on ne détecte pas d'évolution marquée dans la région bruxelloise, même si les quantités de neige tombées ces dernières années sont en général faibles. Par contre, sur les plateaux ardennais, dans la région de Saint-Hubert, l'épaisseur de neige maximale annuelle montre une diminution très significative depuis le réchauffement hivernal de la fin des années 1980.

On observe à Uccle, dans la seconde partie du 20e siècle, **une baisse très marquée de la vitesse moyenne annuelle du vent.** Mais le développement au fil des années de la végétation autour du site de mesures ne permet pas d'attribuer de manière certaine cette tendance à un effet strictement climatique.

Ailleurs dans le pays, dans quelques stations, des mesures de vent probablement plus fiables pour l'étude de l'évolution de ses caractéristiques existent depuis le milieu des années 1960. L'analyse de ces données indique une diminution relativement brutale de la vitesse du vent dans les années 1980, et ensuite une légère accentuation de cette tendance. Ce comportement marqué est également visible à l'échelle des saisons, sauf pour l'hiver où le vent, très variable d'une année à l'autre, est plus « stable » sur l'ensemble de la période.

En ce qui concerne les tempêtes, les analyses menées jusqu'ici sur les vents forts, depuis 1940 pour Uccle et ailleurs dans le pays depuis 1985, ne montrent aucune tendance particulière, ni dans l'intensité des vents annuels les plus forts, ni dans la fréquence des vents élevés.

De même, l'analyse des durées d'ensoleillement saisonnières et annuelles mesurées à Uccle ne montre pas de tendance globale pour ces paramètres depuis le début des relevés en 1887, mais une variabilité généralement importante à l'échelle de quelques années.

Source : « Vigilance Climatique », IRM, 2009

2.2 La régionalisation du climat : entre acquis et incertitudes

Les messages clés

- **Des progrès considérables** ont été faits dans la construction des projections climatiques notamment à l'échelle régionale (augmentation de la résolution spatiale des modèles, prise en compte de paramètres toujours plus nombreux – vapeur d'eau, relief...)
- **Les projections climatiques ne seront toutefois jamais des prédictions** : les scénarios de développement socio-économiques qui conditionnent les émissions de gaz à effet de serre continueront de rester des hypothèses (plus ou moins probables) et les progrès des modèles n'enlèveront pas le caractère chaotique et imprévisible du climat.
- **L'incertitude sur le changement climatique sera d'autant plus grande que l'étude revêtira un caractère local**. Il existe en effet à chaque stade de développement des projections des incertitudes qui peuvent se cumuler (incertitude sur les modèles globaux, sur les scénarios socio-économiques, sur les méthodes de régionalisation...).
- **Les incertitudes doivent donc être prises en compte** dans les travaux d'adaptation mais en aucun cas servir de prétexte à l'inaction.

Cette partie vise donc à permettre une meilleure compréhension de la méthodologie de construction des projections climatiques. Elle vise également à alerter le lecteur sur les limites de ce type d'exercice et surtout sur les différents types d'incertitudes qui pèsent sur des projections à l'échelle régionale.

2.2.1 La production de la connaissance sur le changement climatique

Le GIEC

L'essentiel de la connaissance actuelle sur le changement climatique est passée au filtre du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC/IPCC).

Le GIEC (www.ipcc.ch) a été mis en place par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) en 1988. Il est ouvert à tous les états membres de l'OMM et de l'ONU. Son rôle est d'évaluer d'une manière exhaustive, objective, ouverte et transparente la connaissance scientifique, technique et socio-économique relative au changement climatique. Le GIEC ne conduit pas de recherches mais base son évaluation sur des publications techniques et scientifiques de synthèse strictement validées (principe de la relecture par les pairs).

Organisation du GIEC

Le GIEC implique plus de 5 000 scientifiques de toutes origines géographiques et disciplinaires. Il est organisé en trois groupes de travail et une « task force » :

- le **groupe I** évalue les aspects scientifiques du fonctionnement du climat et du changement climatique ;
- le **groupe II** évalue la vulnérabilité des systèmes naturels et humains au changement climatique et les mesures d'adaptation possibles ;
- le **groupe III** étudie les options de limitation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) et les autres mesures d'atténuation possibles (stockage du CO₂, rôle des puits de carbone...).

La « **task force** » est responsable du programme d'inventaires nationaux des émissions de GES. Le GIEC produit des rapports d'évaluation périodiques sur l'état de la connaissance sur le changement climatique (1991-1995 – 2001, 4^{ème} rapport en 2007, 5^{ème} rapport prévu pour 2013), et des rapports techniques sectoriels (sur l'eau par exemple).

Cette façon de fonctionner collective et globale donne aux conclusions une force évidente : le message est validé par l'ensemble de la communauté scientifique et par les états membres du GIEC.

Un certain nombre d'effets non souhaités viennent nuancer ce constat :

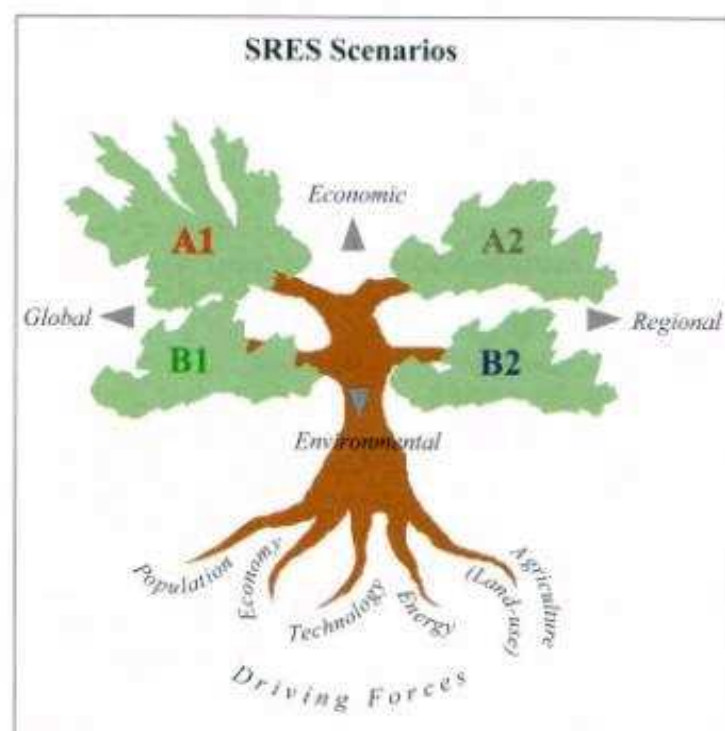
- la recherche d'un consensus global laisse la porte ouverte à des scientifiques plus marginaux qui ne font pas partie du GIEC, contestent la réalité du changement climatique, et leur donne une audience dans les médias plus forte que ce qu'elle aurait été normalement ;
- à l'inverse, la lourdeur des processus de validation scientifique du GIEC, et les nombreuses précautions oratoires prises (chaque conclusion énoncée est évaluée selon son degré de probabilité) rend le message parfois peu communicant.

Des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre à la base des projections

L'intensité du changement climatique dépendra de l'évolution de la concentration de GES dans l'atmosphère. Celle-ci est elle-même conditionnée par nos émissions passées et actuelles mais aussi futures. Pour explorer cet avenir, la méthode d'approche dominante utilisée par les scientifiques est celle des **scénarios**, qui ont pour ambition de fournir des images des futurs possibles en termes d'émissions de GES. Ces scénarios, proposés par le GIEC, sont contenus dans le Rapport Spécial sur les Scénarios d'Emissions (RSSE/SRES). Ils s'appuient sur les hypothèses qui conditionnent le développement économique futur et ses conséquences sur l'environnement à savoir : la démographie, la croissance économique, les ressources utilisées et les progrès technologiques. **Ils ne prennent par contre pas en compte la mise en place de politiques climatiques.**

Ils sont regroupés en quatre grandes familles selon qu'ils décrivent un monde de convergence ou de fragmentation dans les deux domaines de la croissance économique et de l'environnement.

Figure 8 : L'arbre des scénarios du GIEC



Source : GIEC, 2007

Les scénarios de type A décrivent une croissance économique rapide, ou la population mondiale

Les scénarios de type B décrivent des structures, des activités et des technologies qui changent avec l'émergence d'une économie de services, à faible contenu en matières premières et en énergie.

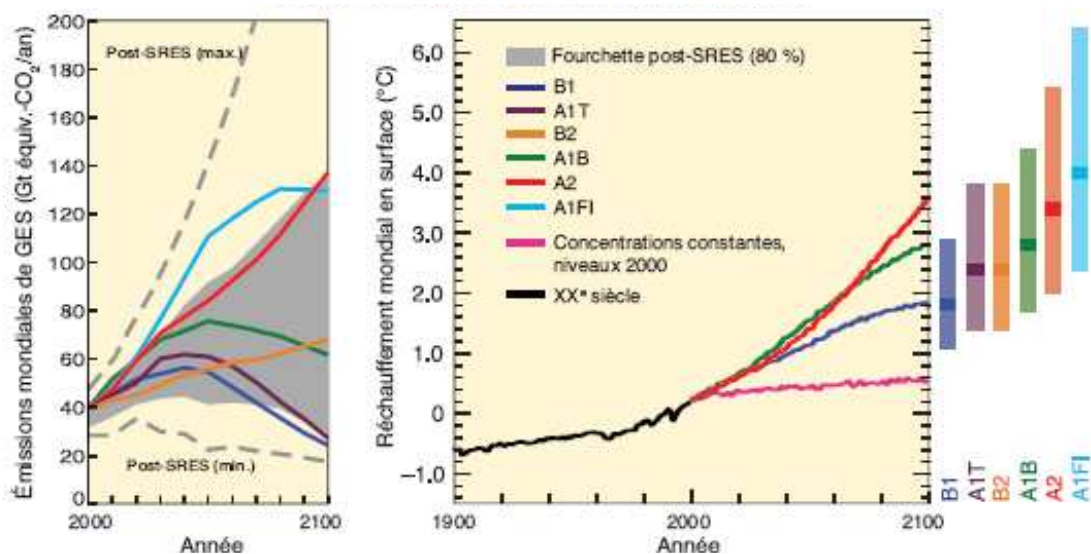
Les scénarios de type 1 décrivent un monde où les modèles de développement convergent, au contraire des scénarios **de type 2** (maintien des caractéristiques régionales, des écarts et des inégalités).

Les scénarios ont pour ambition de fournir des images du futur qui découlent de cet ensemble d'hypothèses sur les forces motrices, cohérentes entre elles à l'intérieur de chaque scénario. **Ils ne se prononcent pas sur la probabilité respective de ces futurs.**

Des scénarios d'émissions découlent alors des scénarios de concentration de GES qui servent d'entrée dans les modèles climatiques pour le calcul des projections (Figure 9)

Ils aboutissent à une large plage de résultats pour les hausses de température en fin de siècle, de l'ordre de **2 à 6° C** :

Figure 9 : Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000-2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface



À gauche : Émissions mondiales de GES (en Gt équiv.-CO₂/an) en l'absence de politiques climatiques : six scénarios illustratifs de référence (SRES, lignes colorées) et intervalle au 80e percentile des scénarios publiés depuis le SRES (post-SRES, partie ombrée). Les lignes en pointillé délimitent la plage complète des scénarios post-SRES. Les GES sont le CO₂ (dioxyde de carbone), le CH₄ (méthane), le N₂O (oxyde d'azote) et les gaz fluorés.

À droite : Les courbes en trait plein correspondent aux moyennes multimodèles du réchauffement en surface pour les scénarios A2, A1B et B1, en prolongement des simulations relatives au XX^{ème} siècle.

Ces projections intègrent les émissions de GES et d'aérosols de courte durée de vie. La courbe en rose ne correspond pas à un scénario mais aux simulations effectuées à l'aide de modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) en maintenant les concentrations atmosphériques aux niveaux de 2000. Les barres sur la droite précisent la valeur la plus probable (zone foncée) et la fourchette probable correspondant aux six scénarios de référence du SRES pour la période 2090-2099. Tous les écarts de température sont calculés par rapport à 1980-1999.

Source : GIEC, 2007

Le tableau ci-dessous synthétise les fourchettes d'augmentation de températures en 2100 selon la famille de scénarios :

Figure 10 : Les quatre familles de scénarios du GIEC et les prévisions de hausses de températures globales moyennes à l'horizon 2100

	Objectifs plus économiques	Objectifs plus environnementaux
Globalisation (monde homogène)	A 1 (groupes A1T /A1B/A1FI) 1,4 – 6,4°C	B1 1,1 – 2,9°C
Régionalisation (monde hétérogène)	A2 2 – 5,4°C	B2 1,4 – 3,8°C

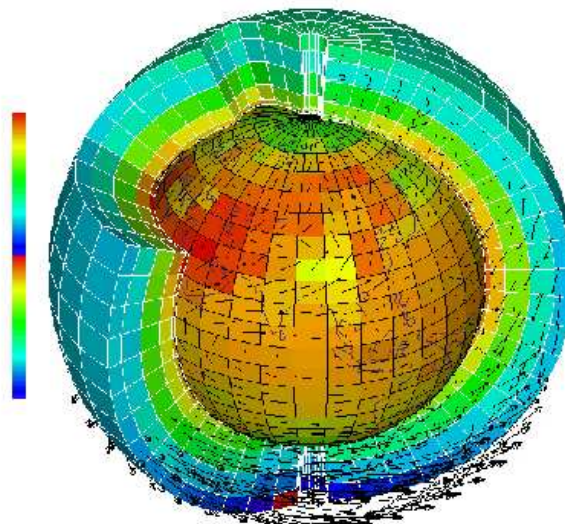
2.2.2 Des modèles climatiques de plus en plus élaborés

Les modèles sont utilisés pour produire des scénarios climatiques permettant de nous renseigner sur les différentes évolutions possibles du climat. Le climat peut être défini comme étant les conditions moyennes qu'il fait dans un endroit donné (température, précipitations, ...) calculées d'après les observations d'au moins 30 ans (défini par l'Organisation Météorologique Mondiale). Il est donc caractérisé par des valeurs moyennes, mais également par des variations et des extrêmes.

Par conséquent, les scénarios climatiques ne sont pas des prévisions météorologiques à long terme et ne décrivent pas le temps d'une année ou d'un jour mais un changement prévu dans les caractéristiques statistiques des variables climatiques (températures, précipitations...) sur une période moyenne de 30 ans.

Les modèles climatiques sont des modèles numériques. Ils constituent aujourd'hui l'outil unique d'estimation des évolutions climatiques futures (Le Treut, 2006). Ils utilisent les lois de la physique mais aussi de la mécanique, de la chimie ou de biologie pour reproduire de manière informatique le comportement complexe du climat terrestre. Les équations résultantes sont alors discrétisées sur les nœuds de maillage qui couvre l'ensemble du globe (Figure 11). La résolution diffère selon la composante représentée mais aussi la capacité de calcul des ordinateurs.

Figure 11 : Maillage tri-dimensionnel d'un modèle de simulation du climat



© LMD/IPSL – Les couleurs représentent la température et les flèches, le vent.

Ces modèles offrent donc une vision simplifiée de la réalité même si la communauté scientifique s'est attachée à les rendre plus complexes au fur et à mesure de l'augmentation des capacités des calculateurs. Ils ont ainsi beaucoup progressé en une quinzaine d'années, prenant en compte de plus en plus de paramètres autre que les contributions CO₂: vapeur d'eau, relief, rôle (limité) des nuages, océan en trois dimensions, activité volcanique, cycle carbone, cycle de l'eau, aérosols... La résolution a, elle aussi, largement augmentée.

Les modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) constituent aujourd'hui les meilleurs outils de projections. Les différentes études de projections futures, donc celles du GIEC se basent sur les sorties de ces modèles pour construire les scénarios climatiques à l'échelle du globe.

En revanche, ils sont encore exécutés à des résolutions horizontales de 100-300 km, trop faibles pour produire l'information nécessaire aux études aux échelles régionales ou locales.

2.2.3 Comment passer du climat global au climat régional ?

Si au niveau mondial l'existence du réchauffement climatique fait donc l'objet d'un consensus quasi-unanime, cette conclusion est d'une utilité pratique limitée au niveau régional, d'autant plus que les effets locaux de ce réchauffement global sont nettement plus incertains. Pourtant, afin d'établir des études d'impacts et d'adaptation à grande échelle, la volonté de pouvoir disposer de données régionalisées se fait largement ressentir dans toutes les sphères de la société (publique, scientifique,...). C'est pourquoi, des techniques de régionalisation ont vu le jour afin de répondre à cette problématique.

Les analyses régionales restent fortement dépendantes des exercices au niveau mondial (Planton 2005) qui ont une résolution spatiale grossière, dont elles partent et qu'elles tentent d'améliorer. La progression des modèles globaux a permis d'augmenter la résolution spatiale pour les analyses régionales en passant à des grilles à 50 km dans certains exercices (Prudence²) voire à 25 (Ensembles³) ou 8-10 km (Météo France...).

Plusieurs méthodes permettent d'obtenir des projections climatiques régionales et d'augmenter la résolution spatiale voir temporelle des données :

- La **descente d'échelle statistique** (*statistical downscaling*) des modèles globaux avec des techniques statistiques adaptées : régressions, générateurs de temps, méthode des deltas ...
- La **descente d'échelle dynamique** (*dynamical downscaling*) qui utilise le couplage d'un modèle de circulation générale (GCM) avec un modèle climatique régional (RCM), le modèle global fournissant les conditions d'entrée aux limites spatiales du modèle régional. Le projet ENSEMBLES a testé une vingtaine de combinaisons de modèles régionaux et globaux. Une autre méthode de descente dynamique est l'utilisation d'un modèle global à résolution variable (modèle ARPEGE de Météo France) où les résultats sont précis sur la zone privilégiée mais plus frustrés aux antipodes.
- une voie qui sera explorée dans les années à venir consistera à demander à des prévisionnistes locaux de décrire les conditions météorologiques (le type de

² PRUDENCE : Prediction of Regional scenario and Uncertainties for Defining European climate change risks and Effects project. Projet coordonné par le Centre National de Recherches Météorologiques, et soutenu par la commission européenne, visant à produire des scénarios climatiques sur l'Europe à échelle 50 km pour la fin du 21^{ème} siècle.

³ ENSEMBLES : ENSEMBLE-based Predictions of Climate Changes and their Impacts. Projet européen ayant pour objectif de produire un ensemble de projections climatiques régionales sur le territoire européen.

temps) qui, d'après leur expérience, correspond sur les lieux qu'ils connaissent bien à la valeur d'un nombre nécessairement limité de paramètres fournis par les modèles. Une telle voie, si elle mérite d'être explorée, a cependant des limites qui sont celles à partir desquelles les valeurs des paramètres dépassent les seuils et décrivent une structure climatique ne correspondant plus à l'expérience des analystes de terrain ;

Parvenir à une plus ou moins grande certitude sur un scénario climatique et des impacts associés demande généralement de combiner plusieurs techniques ou plusieurs modèles régionaux (eux-mêmes combinés avec plusieurs modèles globaux), pour analyser la convergence ou non des résultats.

Aujourd'hui, les modèles régionaux pour l'Europe, par rapport aux modèles globaux, sont plus précis pour la température (moins d'erreur pour reproduire le climat actuel) et donnent une meilleure répartition spatiale des précipitations, ce qui n'était pas acquis au départ. Ils reproduisent mieux les événements de fortes précipitations (Planton 2005), et s'accordent avec les modèles globaux sur une augmentation de la variabilité de la température en été (plus d'extrêmes type canicule) et une diminution de la variabilité en hiver.

2.2.4 La nécessaire prise en compte de l'incertitude...

La mesure et la représentation de l'incertitude sont des questions clés dans la science du climat, et devraient l'être dans le processus de définition des politiques climatiques.

Cette incertitude a des causes multiples, qui vont de l'impossibilité de connaître avec précision l'évolution des sociétés (niveau d'émission de GES par exemple), aux limites actuelles dans notre compréhension des mécanismes du climat. La prise en compte ou non de cette question dans les projections climatiques, les études d'impact et stratégies d'adaptation qui en découlent a des conséquences variées. A un niveau global une mauvaise communication des incertitudes peut délivrer un message brouillé et alimenter les controverses sur le changement climatique. Au niveau des stratégies d'adaptation, menées à toutes échelles pour les différents secteurs productifs et les milieux naturels, ne pas prendre en compte l'incertitude liée notamment aux projections régionales et locales peut conduire les décideurs à se référer par erreur à un scénario unique pour prendre des décisions d'adaptation lourdes qui ne seraient pas fondées scientifiquement.

Comme pour toute question prospective, il existe une incertitude liées aux projections climatiques, mais aussi aux analyses d'impact et aux stratégies d'adaptation qui en découlent. D'un point de vue épistémologique deux grandes sources d'incertitude sont en présence : celle liée à l'imprévisibilité « ontologique » des sociétés humaines (niveau d'émissions futurs de gaz à effet de serre qui constituent un des facteurs principaux contrôlant le climat futur, mais aussi notre connaissance des capacités d'adaptation spontanée des sociétés, qui vont induire ou non un besoin d'adaptation planifiée...), et celle liée aux limites cognitives dans notre capacité à comprendre les mécanismes physiques du climat. Bien qu'il soit possible de mener des approches exploratoires, il est par nature impossible de réduire la première. En revanche le travail scientifique de modélisation du climat vise à intégrer les connaissances les plus récentes sur les processus climatiques afin de réduire graduellement la seconde, tout en restant conscient qu'il restera toujours une incertitude relativement conséquente, notamment en termes de projections régionales et sectorielles.

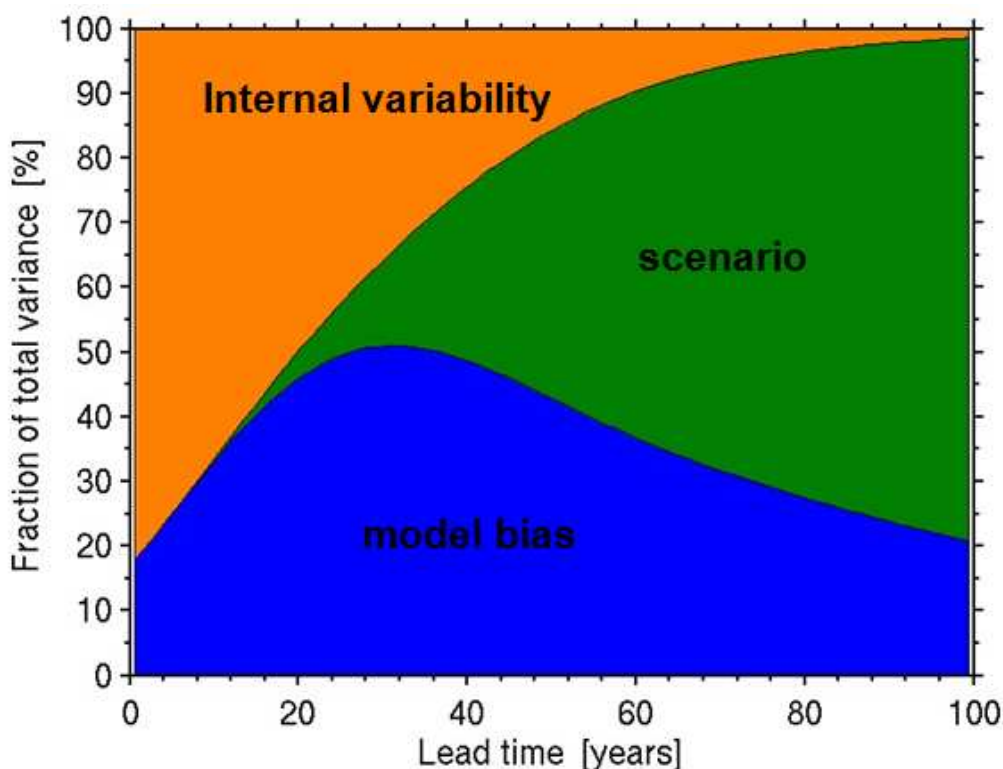
Plus précisément, de la connaissance du climat à la définition de stratégies d'adaptation, il existe un ensemble de sources d'incertitude qui s'additionnent, liées :

- aux scénarios socio-économiques de référence (PIB, population, bouquets énergétiques) qui forment le cadre des scénarios d'émissions ;
- aux émissions associées à chacun de ces scénarios. L'exercice SRES du GIEC a par exemple utilisé un ensemble de modèles économie-climat pour déterminer un niveau moyen d'émissions de GES associés à chaque scénario socio-économique (Armata 2007) ;
- aux conditions initiales utilisées pour initialiser les modèles, particulièrement importantes dans le domaine des prédictions décennales ;
- à la variabilité naturelle du climat, dont une partie peut-être modélisée et intégrée (El Nino...) et une partie est irréductible car liée à la nature chaotique de la circulation atmosphérique ;
- à la sensibilité des modèles climatiques globaux (GCM) aux concentrations de GES et aux rétroactions avec les cycles de l'eau et du carbone, ces modèles étant plus ou moins divergents selon les paramètres (températures, précipitation...) et les régions du monde considérées ;
- aux différents modèles de descente d'échelle (modèles de climat régionaux, générateurs de temps, méthodes statistiques...) utilisés pour régionaliser ou calculer des indicateurs plus précis ;
- aux modèles utilisés en aval des modèles climatiques pour calculer des impacts thématiques et les risques (ex : modèles hydrologiques, pour projeter un risque d'inondation, modèle de biodiversité ou de production agricole) ;
- aux modèles économiques utilisés pour mesurer le coût des impacts (coût de la non action...) ;
- à la méconnaissance des capacités d'adaptation « au fil de l'eau » des sociétés humaines, et à la méconnaissance de la résilience des sociétés et des écosystèmes ;
- à la mesure du coût et de l'effectivité des mesures d'adaptation proposées.

Au final, plus les études d'impact et les stratégies d'adaptation vont être locales et précises, plus leur demande d'information va être sophistiquée (ex : mesures du coût des impacts du changement climatique), et plus va exister un risque que les marges d'erreur cumulées dépassent les ordres de grandeur des mesures envisagées.

Des projets de recherche se sont attachés à mesurer le poids respectifs des différentes sources d'incertitude, dans une vision temporelle (par exemple Figure 12), on se rend compte que l'incertitude liée à la variabilité interne du climat domine dans les 20 premières années de simulation. Alors que celle liée aux modèles est prédominante à l'horizon 2050, l'incertitude liée aux scénarios socio-économiques devient prépondérante en fin de siècle et la variabilité interne, quasi inexistante.

Figure 12 : Les sources d'incertitudes des projections climatiques à différents horizons temporels (Angleterre)



Source : Hawkins and Sutton, 2009.

2.2.5 ...ne doit pas freiner le passage à l'acte

Si les incertitudes sont nombreuses, elles ne doivent pas servir de prétexte à l'inaction.

Afin d'explorer au mieux les avenir climatiques d'une région il convient donc d'être transparent sur le choix de la méthodologie retenue et sur le type d'incertitude qu'elle a vocation à traiter, car à ce jour, aucune méthodologie n'est estimée meilleure qu'une autre pour réduire les incertitudes. Un ensemble de méthodes statistiques avancées permettent aujourd'hui de quantifier les incertitudes, mais leur évaluation dans le contexte de changements de long terme reste une question ouverte et leur représentation (graphique, vocabulaire) nécessite une analyse qui dépasse le cadre de cette discipline.

Outre la méthodologie, il convient de prendre également en compte les besoins des acteurs. Dans une optique opérationnelle, il faut pouvoir répondre à la question préalable suivante : « Est-ce que l'écart entre les scénarios climatiques extrêmes reste assez restreint pour produire des résultats à visée pré-opérationnelle ou opérationnelle ? » ou « Quel est le niveau d'information pertinent pour décider en matière d'adaptation au changement climatique ? Doit-on se préparer à toutes les options ou seulement à un réchauffement moyen ? ». On voit que ces questions sont autant politiques que scientifiques.

Sur la pertinence des paramètres de sorties des scénarios climatiques, au-delà de cette question de l'incertitude, il paraît par exemple important :

- de restituer, au-delà des valeurs moyennes, la variabilité naturelle du climat, qu'elle soit spatiale ou temporelle (concernant notamment les rythmes saisonniers) ;
- de donner une idée de la probabilité d'évènements extrêmes potentiellement dévastateurs pour les infrastructures et les milieux naturels ;

- de passer du climat au « temps qu'il fait », c'est-à-dire traduire les paramètres de sortie des modèles en indicateurs plus proches de ce qui est ressenti et utilisables pour les études d'impacts sectorielles.

2.3 Méthodologie appliquée à l'étude Wallonne

Les messages clés

- o Les projections climatiques pour la Wallonie se basent sur les derniers travaux disponibles pour traiter des changements climatiques à l'échelle régionale en Europe (ENSEMBLES).
- o 3 horizons d'étude ont été choisis (court, moyen et long termes). **L'horizon 2050 constitue l'horizon prioritaire du projet wallon.**
- o ENSEMBLES permet de travailler sur plusieurs modèles climatiques et **de réduire ainsi les incertitudes liées à la modélisation du climat, qui prédominent jusqu'à cet horizon.** Il n'est par contre pas possible de choisir plusieurs scénarios socio-économiques sur cette base de données. Seul le scénario moyen A1B (SRES/IPCC) est disponible. L'incertitude relative aux scénarios étant dominante en fin de siècle, il conviendra d'explorer le champ des possibles en termes d'extrêmes, à partir des résultats de l'étude flamande.
- o 3 modèles ont été retenus dans le cadre de l'étude. Les modèles ont été choisis pour leur capacité **à reproduire la moyenne du climat futur** sur les paramètres clés températures et précipitations (modèle de référence) **où à s'en éloigner** (modèles plus extrêmes). On dispose ainsi de 3 types de projections :
 - des projections moyennes, des projections sèches** (scénario de réchauffement le plus élevé des 3 modèles), **des projections humides** (scénario de réchauffement le moins élevé).
- Il a néanmoins été jugé utile d'évaluer la **performance des modèles à reproduire le climat passé.** Les modèles retenus sont meilleurs pour simuler les températures observées que les précipitations, qu'ils tendent ici, à surestimer. Ce constat est en général partagé par la majorité des modèles climatiques : les précipitations sont toujours plus difficiles à simuler. Elles le sont d'autant plus pour la Belgique que celle-ci est située dans une zone où les modèles divergent fortement sur l'évolution du volume de précipitations. **Les résultats pour ce paramètre sont donc à utiliser avec précaution** et les valeurs relatives sont donc plus fiables que les valeurs absolues, ce qui est un positionnement général relatif à la modélisation, particulièrement pertinent dans ce cas.
- o **En plus des indicateurs standards** (températures, précipitations) servant à esquisser les tendances générales pour la Wallonie, **des indicateurs élaborés**, choisis par les experts sectoriels, ont été retenus. Ils doivent servir à préciser les impacts du changement climatique pour chacune des thématiques (agriculture, aménagement du territoire, biodiversité...) à un niveau régional et infrarégional.

Contrairement à la région flamande, la Wallonie n'a pas réalisé d'études préalables sur les devenirs climatiques possibles de sa région avant de lancer l'étude d'adaptation. Les données de fond disponibles au démarrage du projet étaient donc beaucoup moins bien fournies alors que le délai donné pour réaliser les projections était lui très court.

Des choix ont donc du être réalisés pour permettre de réaliser un travail de qualité, répondant aux attentes des acteurs, sans pour autant dépasser les délais imposés.

Nous exposons ici la méthodologie qui a permis de construire les projections climatiques pour la région Wallonne.

2.3.1 Les horizons temporels retenus

Le projet retient une période de référence **1975** (1961-1990) et 3 échéances futures : **2030** (2016-2045), **2050** (2036-2065) et **2085** (2071-2100). Les climats simulés se basent ainsi sur l'étude des moyennes sur 30 ans. Ils sont systématiquement comparés à la période de référence, simulée également. Cette dernière ne correspond donc pas totalement au climat réellement observé sur la même période.

L'horizon 2030 a été préféré à l'horizon 2020. En effet ce dernier a été abandonné parce que trop proche pour que les modèles puissent fournir des tendances significatives et que l'image du futur puisse se dégager de la variabilité naturelle du climat : d'ailleurs, aucun exercice de scénario en matière de changement climatique ne considère cet horizon là.

L'horizon 2050 constitue l'horizon prioritaire du projet et généralement l'horizon de décision prioritaire de la majorité des projets d'adaptation.

Un horizon de plus long terme, 2085, a été retenu : il a été choisi par rapport à celui de l'étude d'adaptation de la région flamande, ce qui devrait faciliter la comparaison.

2.3.2 Le recours à ENSEMBLES : un travail sur l'incertitude des modèles plutôt que sur celle des scénarios

L'étude wallonne a pour ambition de s'appuyer sur les derniers avancements scientifiques disponibles en matière de projections climatiques régionales.

Le projet ENSEMBLES (<http://www.ensembles-eu.org>) constitue à ce jour la base de données la plus complète et la plus récente pour traiter des changements climatiques à l'échelle régionale en Europe. Ce projet, qui a duré 5 ans (2004-2009), s'est notamment appuyé sur les précédents travaux de recherche européens que sont PRUDENCE, STARDEX, MICE ou encore DEMETER.

ENSEMBLES fournit des projections à haute résolution spatiale (0,25 degrés) mais aussi temporelle (données journalières et même de 6 heures). L'ensemble des projections régionales disponibles résultent de la combinaison d'une vingtaine de modèles climatiques globaux et régionaux. Les modèles globaux (modèles de circulation générale, MGC) apportent les conditions limites sur lesquelles s'appuient les modèles régionaux pour produire une information régionalisée.

Les résultats se fondent sur un seul scénario socio-économique, le scénario **SRES A1B**. Dans le panel des scénarios possibles, il représente un scénario dit modéré : la croissance, très rapide, s'appuie sur des sources d'énergie équilibrées entre fossiles et autres (nucléaire, renouvelables). De plus, de nouvelles technologies plus efficaces sont introduites rapidement.

Le choix de retenir un seul scénario a été motivé par le fait que l'incertitude liée aux scénarios socio-économiques commence à jouer un rôle prépondérant seulement après l'horizon 2050 (Figure 12). En effet, avant cette échéance, la majeure partie des changements climatiques qui auront lieu résulteront de nos émissions passées. Par conséquent, il ne paraissait pas pertinent de se focaliser sur la variabilité des scénarios jusqu'à cet horizon. La source dominante d'incertitude en 2050 provenant des modèles, il était donc plus intéressant de se focaliser sur leur variabilité, d'autant plus que cette échéance est considérée comme l'horizon prioritaire du projet.

En revanche, après 2050, les CC seront bien plus fortement influencés par les choix de développement socio-économiques qui s'opèrent dès aujourd'hui. ENSEMBLES ne disposant pas d'autres scénarios (alors que la majorité des modèles fournissent des données jusqu'en 2100), il n'a pas été possible d'intégrer cette dimension

supplémentaire d'incertitude à un horizon plus lointain. Toutefois, étant donné qu'une perspective de long terme a été jugée intéressante pour le projet, nous avons quand même utilisé les résultats fournis par les modèles à la fin du siècle, même si ils ne comportent qu'un scénario socio-économique.

Par conséquent, notre estimation de l'incertitude doit être considérée comme beaucoup plus précise que beaucoup d'études d'impacts régionales jusqu'à l'horizon 2050-2060, même si des changements plus importants peuvent se produire à la fin du siècle, dans le cas d'un scénario d'émissions de gaz à effet de serre extrême du type A1FI (IPCC, SRES). L'incertitude relative à la variabilité interne du climat a quant à elle été gommée partiellement en préférant l'horizon 2030 à l'horizon 2020.

Le projet ENSEMBLES à une visée opérationnelle affichée. Il permet donc :

- de disposer d'un système de projections à haute résolution régionale**
- de quantifier et de réduire l'incertitude liée aux modèles et aux projections régionales en général surtout à l'horizon 2050, principal horizon du projet**
- d'optimiser l'exploitation des résultats en reliant les sorties à une large gamme d'indicateurs exploitables par les différents secteurs (agriculture, aménagement, énergie...)**

2.3.3 Le processus de sélection des modèles

Afin d'augmenter la lisibilité des résultats, il a fallu sélectionner des modèles dans la vingtaine de combinaisons disponibles. Les deux méthodes principales permettant d'opérer ce choix sont les suivantes :

- o Sélectionner 3 ou 4 modèles qui produisent les résultats les plus éloignés de la moyenne, chacun délimitant ainsi le champ des possibles ;
- o Prendre la moyenne ou le modèle le plus proche de la moyenne comme modèle de référence

La première option est riche d'intérêt pour explorer l'ensemble de l'incertitude inhérente aux modèles. Ces derniers indiqueraient alors les limites de la zone dans laquelle l'évolution réelle aurait très probablement lieu. Cette option va néanmoins à l'encontre des pratiques courantes d'élaboration des stratégies d'adaptation qui veulent que l'on retienne un scénario de référence pour guider les choix politiques (option 2). Le projet qui nous intéresse étant destiné à informer les décideurs politiques, la seconde approche a donc été retenue, sous une forme néanmoins élargie. En effet, afin d'analyser la sensibilité des résultats du modèle de référence et le champ des incertitudes, deux autres modèles plus éloignés de la moyenne (mais pas les plus extrêmes) et l'un de l'autre ont également été choisis.

Afin d'utiliser les résultats des modèles qui sont « proches de la moyenne », il est nécessaire d'identifier l'emplacement de la moyenne. La base de données ENSEMBLES ne contient pas de séries chronologiques représentant « la moyenne des résultats de toutes les combinaisons de modèles disponibles ».

Dans le cadre de ce projet, il n'était pas possible de construire une base de données d'une telle ampleur. On a alors choisi de considérer comme moyenne, les résultats qui seraient aux plus proches de la moyenne des températures et précipitations annuelles et de la distribution mensuelle des températures et précipitations par rapport à un seul point de grille, Namur, capitale de la Wallonie et relativement centrale sur un plan géographique.

Pour finaliser le choix, il a été décidé de regarder du côté de la capacité des modèles à reproduire la moyenne du climat futur et non du climat passé. Les données simulées du climat passé (période de référence) non pas non plus été recalibrées avec des données observées. Plusieurs justifications appuient ce choix. D'une part, rien ne dit qu'un modèle qui reproduit bien le passé projettera bien le futur et de nombreuses références l'attestent. D'autre part, dans la validation avec le climat présent, on observe un risque de raisonnement circulaire. Puisque les modèles sont construits en étant calibrés avec des données observées, valider un modèle à partir des mêmes données ne signifie souvent pas grand-chose et risques de cacher des fragilités intrinsèques dans la représentation de certains processus (Knutti, 2010).

Seuls les modèles disposant de projections après l'horizon 2050 ont par ailleurs été retenus car le projet wallon comporte également une échéance de long terme (horizon 2085). Il reste donc 13 modèles sur les 20 que comporte la base de données ENSEMBLES.

Pour tous les modèles, les variations absolues de la température annuelle moyenne et les variations relatives des précipitations pour les périodes futures par rapport à la période de référence 1961-1990 ont été calculées pour la cellule contenant Namur (Figure 13).

La période 2071-2100 a finalement été retenue puisque c'est à celle-là que la dispersion entre les modèles était la plus importante et qu'il fallait donc mesurer l'écart à la moyenne (écarts de résultats de 2°C, contre 1,2 pour la période 2010-2039 et de 1,6 pour la période 2040-2069)

Ensuite, la distance totale à la moyenne a été calculée en prenant la racine carrée de la somme des valeurs au carré des distances des modèles à la moyenne des températures et précipitations.

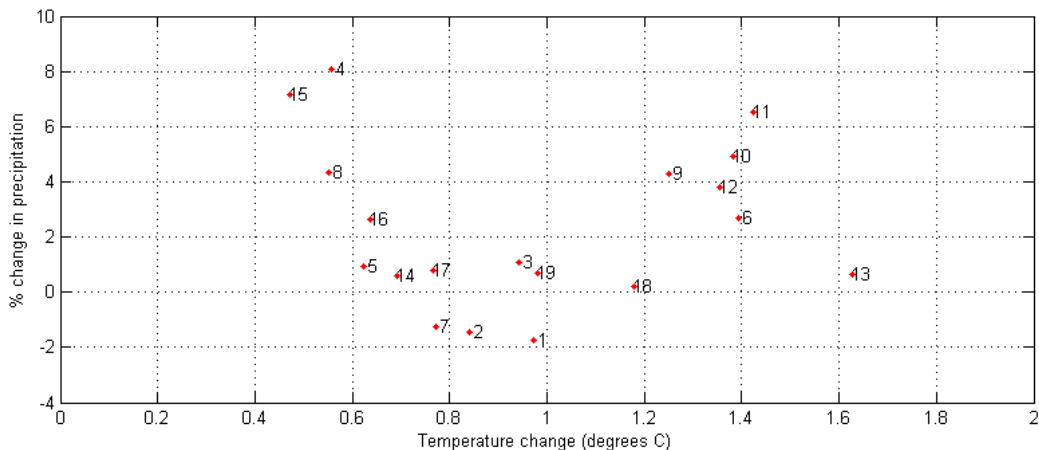
$$D = \sqrt{(\Delta T_m - \Delta T_{mean})^2 + (0.1 \cdot (\Delta P_m - \Delta P_{mean}))^2}$$

D désigne la distance totale, ΔT se réfère à la variation de la température annuelle moyenne et ΔP à la variation relative des précipitations annuelles. L'indice m indique le modèle individuel, l'indice "mean", la moyenne de la série de modèles. Il a été donné un poids de 0,1 à la composante « précipitations » pour tenir compte du fait que la gamme des valeurs pour les variations des précipitations (25) est environ 10 fois plus large que la gamme des variations de température (2,5). Sans cette correction, les résultats seraient dominés par les résultats pour les précipitations.

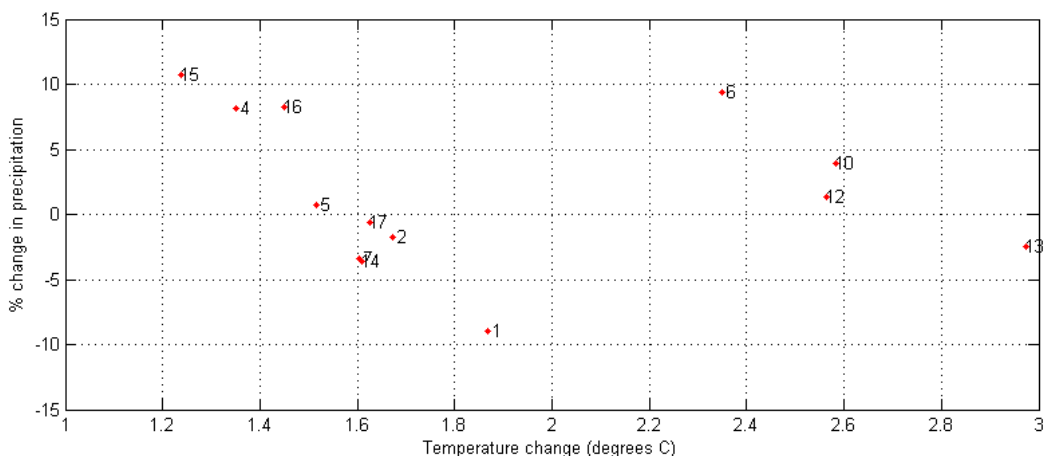
Figure 13 : Variation absolue de la température moyenne annuelle et changement relatif des précipitations annuelles pour trois horizons temporels par rapport à 1961-1990 selon les différents modèles d'ENSEMBLES

Les modèles sont indiqués par leurs numéros.

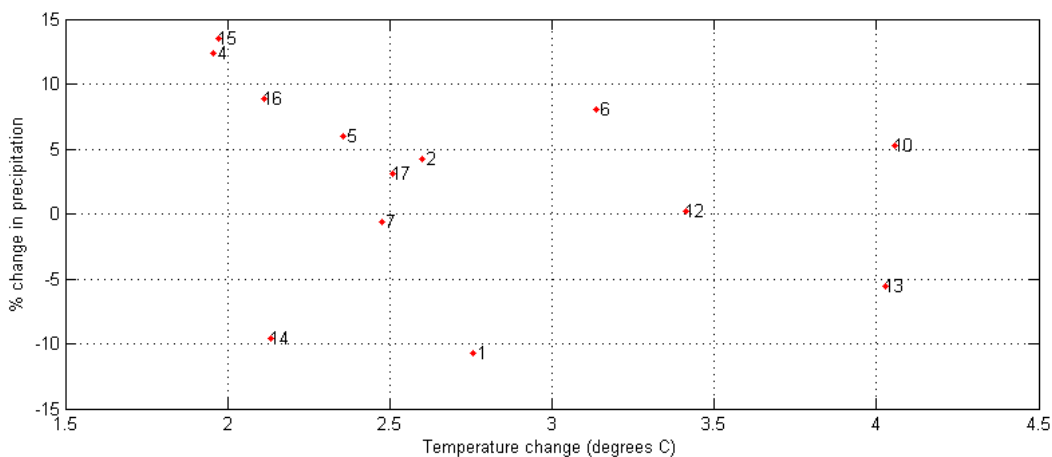
Moyenne annuelle 2010-2039 par rapport à 1961-1990



Moyenne annuelle 2040-2069 par rapport à 1961-1990



Moyenne annuelle 2070-2099 par rapport à 1961-1990



Le modèle de référence (« projections moyennes »)

Le calcul des résultats a montré que les modèles 2 et 17 étaient tous les deux aussi proches de la moyenne de la série des modèles.

En plus des moyennes annuelles, la répartition mensuelle des températures et des précipitations a donc été considérée comme un critère déterminant dans le processus de sélection du modèle de référence. En effet, les moyennes annuelles peuvent masquer certaines irrégularités de la distribution mensuelle. La méthode retenue pour l'étude de ce paramètre est similaire à celle retenue pour les valeurs moyennes annuelles : pour chaque mois, on calcule les différences entre la valeur du modèle et la valeur moyenne pour la température et les précipitations moyennes. Les résultats pour le paramètre « précipitations » a été aussi corrigé pour lui donner un poids équivalent à celui des températures. Ensuite, les valeurs au carré ont été additionnées. Enfin, la racine carrée des 24 valeurs pondérées et au carré résultantes a été calculée. Les résultats sont présentés ci-dessous (Figure 14) :

Figure 14 : Distance à la moyenne de la distribution mensuelle des moyennes précipitations et températures pour 13 modèles

1	2	4	5	6	7	10	12	13	14	15	16	17
9,93	5,82	10,65	4,67	7,88	4,16	8,94	5,18	7,84	11,09	9,01	9,04	3,73

Parmi les deux modèles les plus proches de la moyenne annuelle, c'est le modèle 17 qui se rapproche le plus de la moyenne pour la répartition mensuelle. La distance à la moyenne du modèle 17 (3,73) est bien inférieure à celle du modèle 2 : 5,82. Par conséquent, le modèle 17 est retenu comme le modèle de référence.

Le Modèle 17 est une combinaison du modèle global ECHAM5 et du modèle régional RegCM3. Le modèle ECHAM5 constitue la 5^{ème} génération du modèle de circulation général. ECHAM a été développé par l'Institut de Météorologie Max Planck d'Hambourg en Allemagne. Le Modèle régional du système (RCM) a été développé à l'origine par le *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) et est actuellement maintenu par le *Earth System Physics* (ESP), section de l'*International Center for Theoretical Physics* (ICTP) basé à Trieste en Italie.

Les résultats du modèle ECHAM5-RegCM3 seront appelés « projections moyennes » : ils prennent une position intermédiaire tant en terme d'élévation moyenne des températures et précipitations que de distribution mensuelle.

Les deux modèles plus extrêmes (« projections humides », « projections sèches »)

Durant la première session du groupe de travail en Novembre 2010, les critères de sélection des deux autres modèles encadrant le modèle de référence ont également été choisis. Il s'agissait de retenir des modèles largement différents mais pas trop aberrants ni trop extrêmes. Les modèles les plus extrêmes ont donc été éliminés. Ici aussi, la performance des modèles a été évaluée en fonction des paramètres « moyennes annuelles » et « répartition mensuelle » des températures et précipitations, utilisés pour la sélection du modèle de référence. Les modèles en mesure de répondre à ces attentes étaient les modèles 13 et 16, qui n'étaient donc pas non plus les plus extrêmes en terme de variations annuelles des températures et précipitations.

Le modèle 16 est une combinaison du Bergen Climate Model (BCM) et du modèle régional HIRHAM5. Le BCM a été développé par le Nansen Environmental and Remote Sensing Center et le département de Géophysique de l'Université de Bergen. Le modèle régional HIRHAM5 a quant à lui été élaboré par le Centre danois du Climat à l'Institut météorologique danois en collaboration avec l'unité de recherche de Potsdam de l'Institut Alfred Wegener pour la recherche polaire et marine. Le modèle BCM-HIRHAM5 diffère du modèle de référence par ses larges changements en hiver (hausse du volume de précipitations et plus forte élévation des températures à cette période) et faibles variations estivales. Il est représenté en vert sur les Figure 15 et Figure 16. Les résultats de ce modèle seront appelés « **projections humides** ».

Le modèle 13 est une combinaison du modèle global HadCM3 et du modèle régional HadRM3, tous deux développés par le Hadley Centre à Exeter en Grande Bretagne. Le modèle HadCM3-HadRM3 diffère du modèle de référence en raison de son augmentation beaucoup plus marquée des températures ainsi que sa baisse prononcée des précipitations en été. Il est représenté en rouge sur les Figure 15 et Figure 16. Les résultats de ce modèle seront appelés « **projections sèches** ».

Figure 15 : Changement projeté pour la température moyenne entre 1961-1990 et 2071-2100

Maille de la grille contenant Namur, projections moyennes (noir), projections sèches (rouge), et projections humides (vert) – données mensuelles

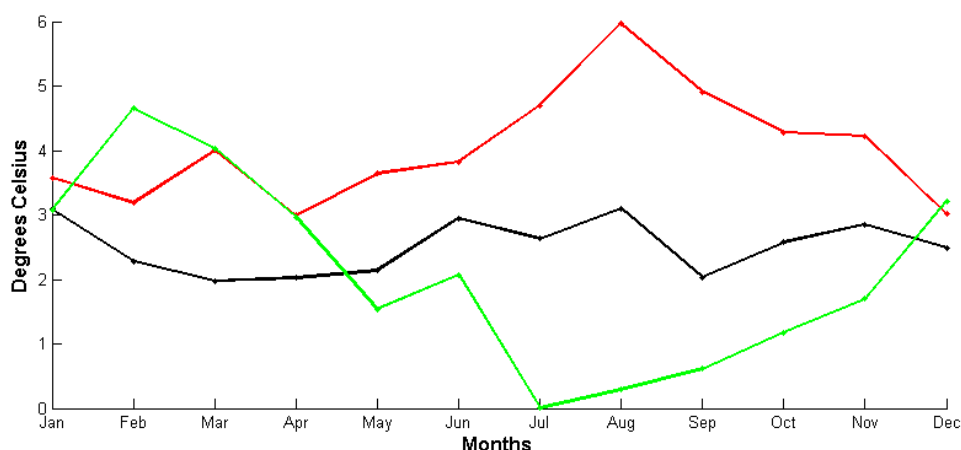
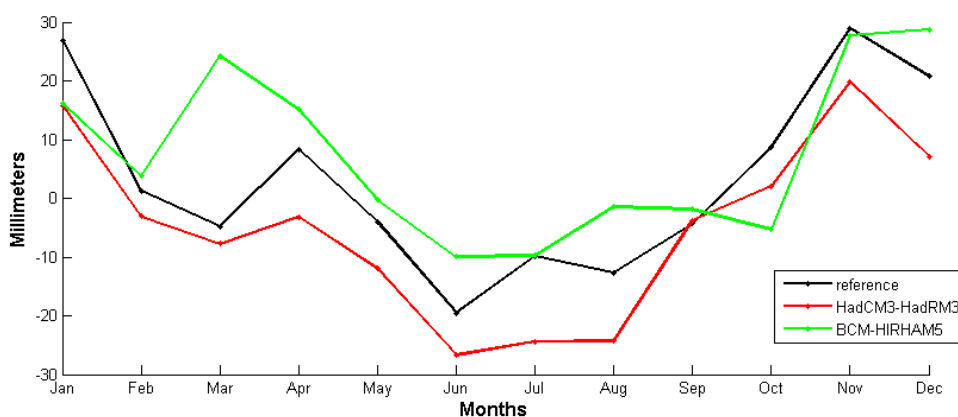


Figure 16 : Changement projeté pour les précipitations entre 1961-1990 et 2071-2100

Maille de la grille contenant Namur, projections moyennes (noir), projections sèches (rouge), et projections humides (vert) – données mensuelles



2.3.4 La disponibilité des données

Les données journalières sont censées être disponibles pour les 3 modèles sur la période 1951-2100, selon la documentation du site d'ENSEMBLES. Dans la pratique, les données de l'année 2100 manquent pour le modèle Hadley et celles des années 2091-2100 pour le modèle BCM-HIRHAM. Pour ces deux modèles, la période 2071-2100 est donc représentée par les données disponibles à savoir 2071-2099 pour le modèle 13, 2071-2100 pour le modèle 16. On observe également que le modèle d'Hadley produit de façon artificielle un « 360 jours par an » (en multipliant 12 mois par 30 jours) alors que les autres modèles utilisent un réel 365/366 jours par an (y compris donc les années bissextiles).

La taille des mailles est de 0.25 X 0.25 degrés pour tous les modèles. Alors que les modèles 13 et 16 se basent sur la même grille, le modèle de référence en utilise une différente.

*Il convient de garder à l'esprit que tous les résultats des modèles sont des résultats simulés, y compris ceux pour la période de référence 1975 (1961-1990). Les résultats pour cette période peuvent donc varier de façon significative entre les trois modèles. **Par conséquent, il est plus pertinent de se référer aux changements entre les projections et la période de référence que d'utiliser les valeurs absolues.***

2.3.5 Evaluation de la performance des modèles à simuler le climat passé

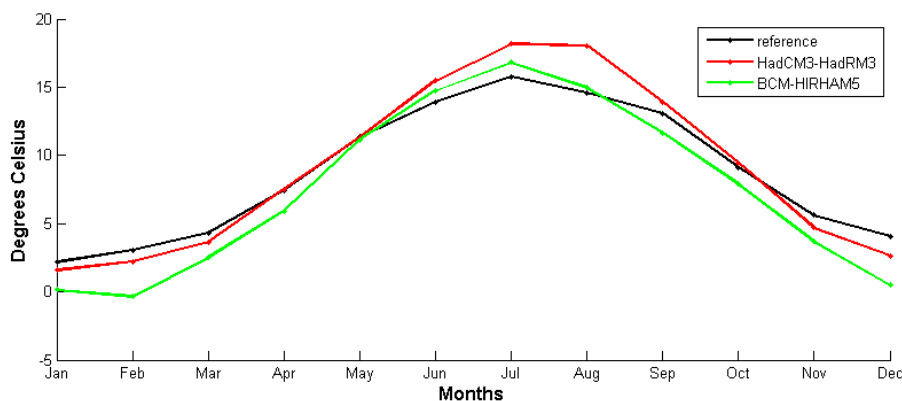
Le choix des modèles retenus se basent, comme nous l'avons vu, sur leur performance dans la simulation des changements futurs entre la période de référence 1975 (1961-1990) et la période 2085 (2071-2100). Toutefois, il nous a semblé pertinent d'évaluer les performances des modèles d'ENSEMBLES dans la simulation du climat passé pour la Wallonie. Cela a été réalisé en comparant les résultats simulés par les modèles pour les températures et précipitations et selon la période de référence (1961-1990) avec les observations fournies par Météo Belgique⁴ sur 5 stations météorologiques de la Wallonie : Chimay, Bastogne, Colfontaine et Etalle. Les résultats simulés ont pris en compte les mailles comprenant chacune des 5 stations.

Les températures

A priori nos trois modèles retenus s'accordent plutôt bien sur le paramètre température, au regard de la Figure 17 pour le point de grille contenant Namur.

Figure 17 : Valeurs mensuelles de la température moyenne pour la période de référence 1961-1990

Maille de la grille contenant Namur, selon les projections moyennes (noir), les projections sèches (rouge), et les projections humides (vert)

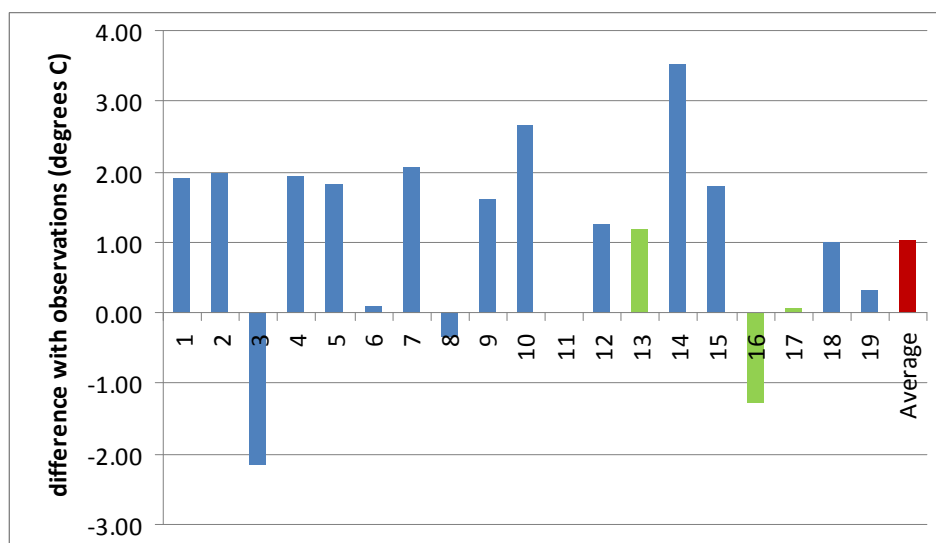


⁴ Données disponibles sur www.meteobelgique.be

Si l'on considère à présent l'ensemble des modèles et la comparaison entre climat simulé et climat observé pour les 5 stations retenues, on s'aperçoit qu'en moyenne les modèles d'ENSEMBLES surestiment les températures annuelles d'environ 1°C. Trois des 19 modèles sous-estiment les températures annuelles moyennes alors que les 15 autres les surestiment. Le modèle de référence (projections moyennes) surestime de seulement 0,05°C, le modèle 13 (projections sèches) de 1,2 degrés alors que le modèle 16 sous-estime de 1,3°C (projections humides). Les modèles reproduisent donc assez bien le climat passé à la fois pour le modèle moyen et pour la moyenne des 3 modèles.

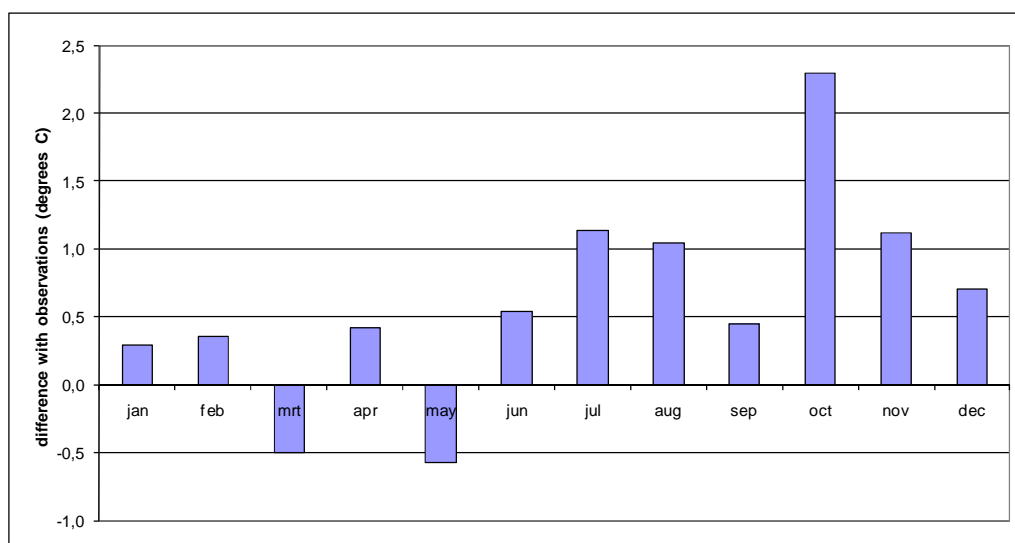
Figure 18 : Différence entre les températures moyennes annuelles observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques

Moyenne des modèles d'ENSEMBLES (en rouge), projections moyennes (Modèle 17) et projections sèches (Modèle 13), projections humides (Modèle 16).



En moyenne, les modèles d'ENSEMBLES surestiment plus les températures de la seconde moitié de l'année (Figure 19), notamment en Octobre où l'écart est de +2°C. Au printemps, les mois de mars et de mai sont par contre sous-estimés d'environ 0,5°C.

Figure 19 : Différence mensuelle entre les températures observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques, moyenne des modèles

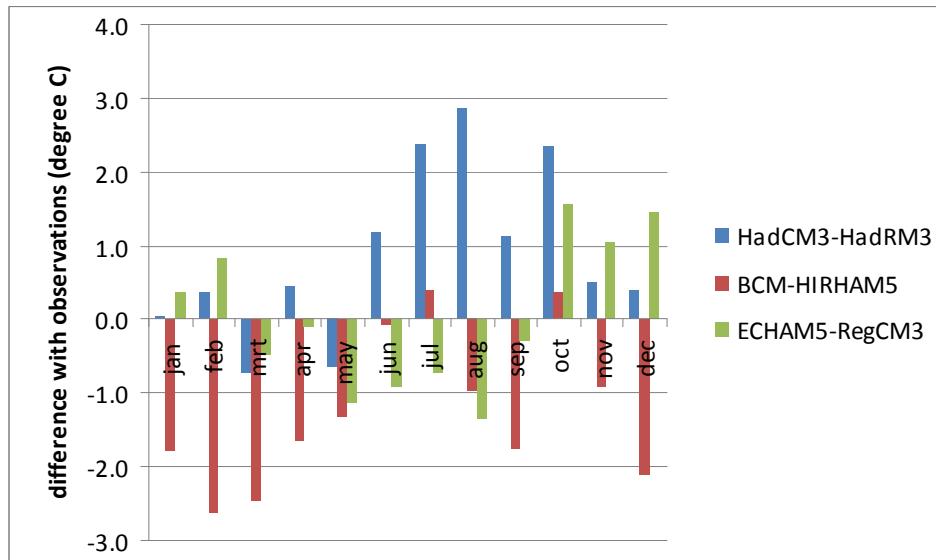


Si l'on regarde la performance des modèles retenus pour l'étude wallonne, le modèle de référence est celui qui se rapproche le plus des données observées (Figure 20). Le

modèle HadCM3-HadRM3 surestime largement les températures estivales alors que le modèle BCM-HIRHAM5 les sous estime en hiver et au début du printemps.

Figure 20 : Différence mensuelle entre les températures observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques, projections retenues

Projections moyennes (vert), projections sèches (bleu), projections humides (rouge).



On observe de modestes différences entre les stations (Figure 21). La température moyenne est surestimée pour toutes les stations, excepté pour Spa. L'écart aux observations est compris entre +0,6 et +1,4°C. La moyenne des trois modèles de l'étude wallonne est très proche des valeurs observées. Le modèle de référence est plutôt très performant pour toutes les stations, excepté pour Spa.

Figure 21 : Différence moyenne entre les températures simulées et observées pour divers groupes de modèles, par station météorologique

Weather station	Simulated -/- observed temp				
	ENSEMBLES	Three study models	ECHAM (ref, 17)	HadCM (13)	BCM (16)
Chimay	+0.6	0.0	+0.2	+0.8	-1.1
Spa	-0.8	-1.0	-1.0	+0.3	-2.3
Bastogne	+1.4	-0.1	+0.1	+0.8	-1.1
Colfontaine	+0.5	+0.2	+0.5	+0.9	-0.8
Etalle	+1.3	+0.3	+0.3	+1.5	-1.0
Average	+1.0	-0.0	+0.1	+1.2	-1.3

Certaines de ces différences entre les stations météorologiques peuvent être liées à la variabilité des températures dans les cellules de la grille. En d'autres termes, les valeurs simulées sont des cellules de la grille de 25x25 km, tandis que les données observées se réfèrent à un point d'observation dans cette zone. S'il y a des variations importantes dans les températures moyennes au sein de la maille, la température réelle ne peut être adéquatement représentée par la valeur de la station météo.

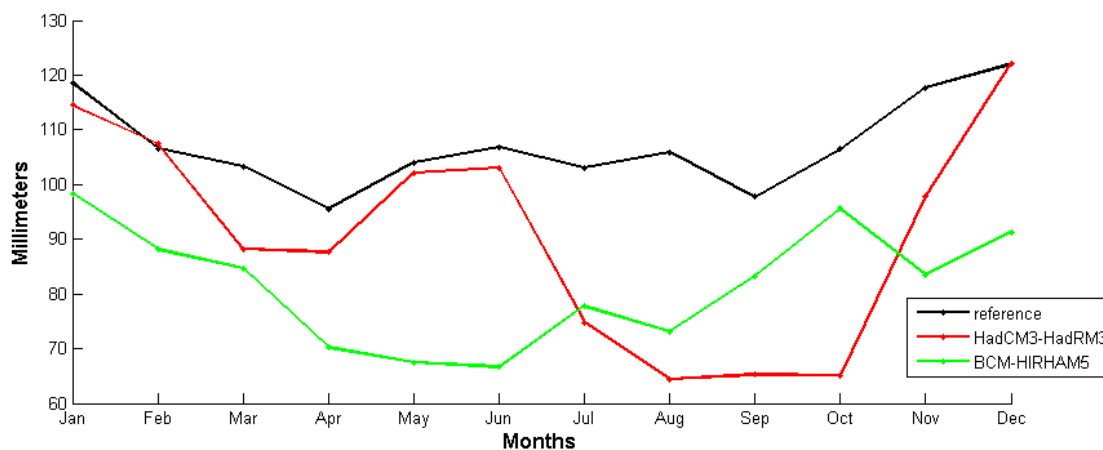
Les précipitations

Alors que les modèles s'accordent bien sur la simulation des températures passées par rapport à Namur (Figure 17) et se rapproche plutôt bien des valeurs observées pour les 5 stations de comparaison, ils sont beaucoup moins performants au niveau des précipitations (Figure 22).

Le modèle de référence simule un cumul annuel de 1370 mm pour la période 1975 (1961-1990) tandis que les autres modèles l'estime à 1190 mm (BCM-HIRHAM5) et 1040 mm (HadCM3-HadRM3). En termes de variation saisonnière et régionale, les écarts sont encore plus larges. Par exemple, pour la région Limoneuse en automne, les cumuls varient entre 190 et 350 mm par an, soit presque un facteur 2 de différence.

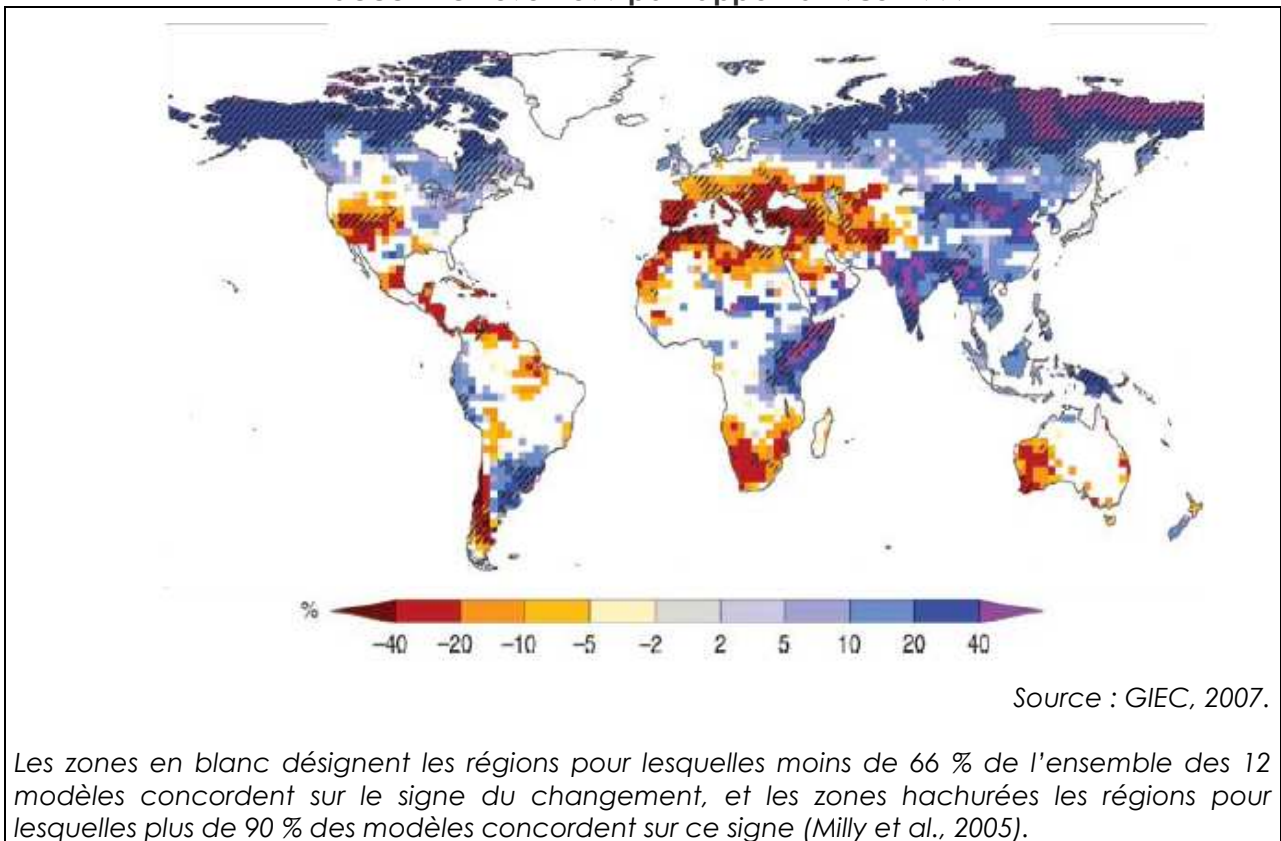
Figure 22 : Valeurs mensuelles des précipitations pour la période de référence 1961-1990

Maille de la grille contenant Namur, selon les projections moyennes (noir), les projections sèches (rouge), et les projections humides (vert)



D'une façon générale, les modèles tendent à mieux simuler les températures que les précipitations que ce soit pour le climat passé au futur. D'autre part, la Wallonie se situe dans une région où les modèles globaux ont tendance à fortement diverger sur le signe du changement général. La Figure 23 illustre le changement dans le ruissellement annuel pour 2090-2099 par rapport à 1980-1999. Les zones blanches constituent les zones où moins de 66% des modèles s'accordent sur le signe du changement. La Belgique se situe dans l'une de ces zones.

Figure 23 : Changements relatifs à grande échelle du ruissellement annuel pour la décennie 2090-2099 par rapport à 1980-1999

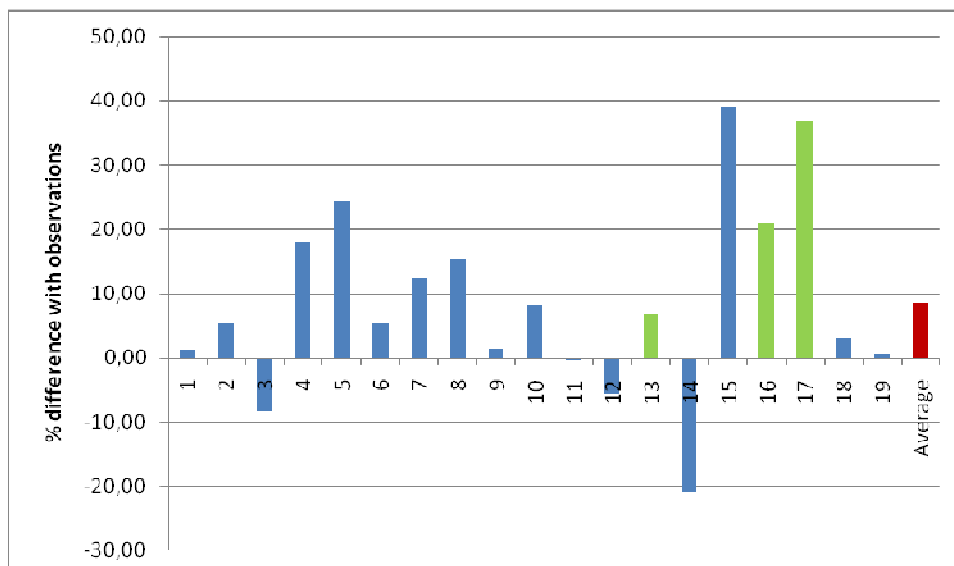


En moyenne, les modèles du projet ENSEMBLES surestiment les précipitations annuelles de près 10 % (Figure 24). 4 des 19 modèles sous-estiment les précipitations annuelles tandis que les 15 autres les surestiment. Le modèle de référence les surestime de 37 %, le modèle HadCM3-HadRM3 de 7 % et le modèle BCM-HIRHAM5 de 21 %.

Les valeurs relatives sont donc plus fiables que les valeurs absolues, ce qui est un positionnement général relatif à la modélisation, particulièrement pertinent dans ce cas.

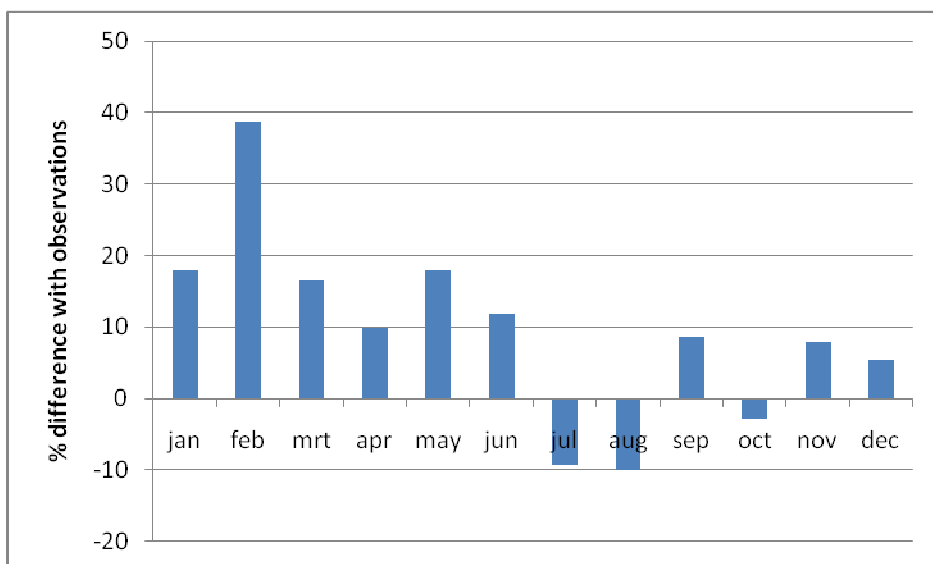
Figure 24 : Différence entre les précipitations annuelles observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques

Moyenne des modèles d'ENSEMBLES (en rouge), modèles moyen, humide et sec (en vert)



Si l'on regarde du côté de la distribution mensuelle des précipitations, on observe que les modèles d'ENSEMBLES ont tendance à surestimer les précipitations observées, surtout dans les 6 premiers mois de l'année (Figure 25). Cela est particulièrement révélateur pour le mois de Février (+ 40 %). Pour les mois d'été, en revanche, les précipitations sont sous-estimées de 10 %.

Figure 25 : Différence mensuelle entre les précipitations annuelles observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques



Il y a également des différences significatives entre les stations météorologiques (Figure 26). Alors que les précipitations annuelles à Chimay sont simulées en moyenne, presque correctement par l'ensemble des modèles, elles sont largement surestimées pour Colfontaine (+31%) ou sous estimées pour Etalle (-8%).

Figure 26 : Moyenne des écarts des précipitations annuelles par les modèles d'ENSEMBLES pour chaque station météorologique

Weather station	Over-estimation of precipitation (%)
Chimay	+2
Spa	+15
Bastogne	+10
Colfontaine	+31
Etalle	-8
Average	10

Certaines de ces différences entre les stations météorologiques peuvent être liées à la variabilité des précipitations dans les cellules de la grille. En d'autres termes, les valeurs simulées sont des cellules de la grille de 25x25 km, tandis que les données observées se réfèrent à un point d'observation dans cette zone.

S'il ya des variations importantes dans les quantités de précipitations dans la zone de cellule de la grille, la quantité réelle de précipitations dans la cellule de la grille ne peut être adéquatement représentée par la valeur de la station météo.

Les résultats de cette brève analyse tendent à confirmer le fait qu'il est très difficile de représenter adéquatement les précipitations dans les modèles climatiques. Aussi, les résultats pour les précipitations doivent-ils être interprétés avec beaucoup de précaution. Les modèles d'ENSEMBLES semblent ainsi surestimer en moyenne les précipitations annuelles totales observées d'environ 10%. Il existe cependant une grande disparité dans les résultats entre les modèles, les mois et les stations météorologiques. Cette variabilité des résultats selon les modèles et les saisons montrent qu'il n'était pas possible/nécessaire de recalibrer les résultats avec les données observées. Dans la gamme des modèles, les modèles choisis pour l'étude de la Wallonie sont dans la partie humide du spectre, en particulier pour le modèle de référence et le modèle 16. Le modèle 13 fonctionne relative bien avec une surestimation du climat présent de moins de 10 %.

2.3.6 Le choix des indicateurs

Les projections climatiques doivent servir à esquisser les tendances générales du changement climatique pour la Wallonie, tous secteurs confondus. Après discussion avec les experts sectoriels, ont été retenus naturellement les **indicateurs standards** en termes de températures et précipitations. Il a été jugé suffisant de s'en tenir à une résolution mensuelle. Pour ces variables et à cette résolution temporelle, les données sur le site d'ENSEMBLES étaient disponibles sur une grille uniforme (même grille pour tous les modèles).

Températures :

- Températures annuelles, saisonnières et mensuelles moyennes (Tmean)
- Moyenne annuelle, saisonnière et mensuelle des températures maximales (Tmax)
- Moyenne annuelle, saisonnière et mensuelle des températures minimales (Tmin)

Précipitations :

- Précipitations annuelles, saisonnières et mensuelles (Precip.)

On entend par données saisonnières :

Hiver : Décembre, Janvier, Février (DJF)

Printemps : Mars, Avril, Mai (MAM)

Été : Juin, Juillet, Août (JJA)

Automne : Septembre, Octobre, Novembre (SON)

Il a par la suite été demandé aux experts de choisir des indicateurs élaborés pertinents pour caractériser cette fois-ci les vulnérabilités sectorielles, à partir des paramètres disponibles sous ENSEMBLES. Afin de guider leur choix, la liste des indicateurs du projet EC-AD des instituts météorologiques européens ainsi que celle recommandée par le groupe

de travail commun CLIVAR-Commission de la Climatologie de l'OMM ont également été mises à disposition.

Parmi les indicateurs retenus, seuls 3 d'entre eux n'étaient pas disponibles et n'ont donc pas été calculés : le potentiel d'évapotranspiration, la durée d'ensoleillement et la vitesse maximale du vent y compris les rafales.








Un certain nombre des indicateurs demandés correspondaient aux indicateurs de référence : température moyenne, minimale, maximale, vitesse du vent, humidité relative. D'autres ont requis l'application d'un seuil (jours de gels, journées d'été, jours de pluies...). Enfin, 5 indicateurs ont nécessité des calculs plus élaborés.












L'indicateur « vague de chaleur » est disponible sous deux formes : selon la définition de l'OMM et selon la définition belge qui donne la même signification aux termes « vagues de chaleur » et « canicule ». Pour l'analyse et dans un souci de cohérence entre les différents travaux belges, seule l'indicateur belge sera étudié. Toutefois, pour caractériser les très fortes chaleurs, il nous a paru utile de maintenir aussi un autre indicateur demandé initialement qui est l'indice de vigilance canicule (définition française, plus lié à des questions sanitaires).

Un descriptif de l'ensemble des indicateurs demandés par les experts sectoriels est disponible ci-après (Figure 27). Les indicateurs sont classés selon la variable à laquelle ils se rattachent.

Tous comme pour les paramètres standards, certains indicateurs (tel que le vent) ne représente pas forcément bien les valeurs observées.

Figure 27 : Synthèse des indicateurs sectoriels retenus

Indicateurs	ENSEMBLES variable	Description	Unité	Disponibilité	Secteurs d'utilisation de l'indicateur
Indicateurs élaborés relatifs aux températures					
Période de croissance végétative	Tas	Période séparant les 6 premiers jours consécutifs avec $T_m > 5^\circ\text{C}$ des 6 premiers jours consécutifs après le 1er juillet avec $T_m < 5^\circ\text{C}$	Jours		Agriculture Forêts
Degré-jour en base 17	Tas	Somme des valeurs positives ($17^\circ\text{C} - T_{\text{mean}}$) pour tous les jours dans la période en considération	Degré/jours		Energie
Indice « vigilance canicule »	Tasmin, Tasmax	Nombre de jours annuel avec une moyenne glissante sur 3 jours des températures maximales supérieure ou égale à 34°C et une moyenne glissante sur 3 jours des températures minimales supérieure ou égale à 19°C .	Jours		Aménagement
Nombre de journées d'été	Tasmax	Nombre de jours avec $T_{\text{max}} > 25^\circ\text{C}$	Jours		Energie Infrastructure
Nombre de jours de vague de chaleur (Hwdi)	Tasmax	T_x supérieur de 5°C pendant au moins 6 jours à la moyenne calculée quotidiennement sur une fenêtre glissante de 5 jours sur la période 61/1990.	Jours		Agriculture Santé Infrastructure
Nombre de jours de vagues de chaleur /canicule (définition belge)	Tasmax	Une période d'au-moins cinq jours consécutifs avec une température de 25°C ou plus et comprenant au-moins trois jours avec 30°C ou plus	Jours ou Période de 5 jours		Agriculture Santé Infrastructure
Nombre de jour de gel	Tasmin	Nombre de jours avec $T_{\text{min}} \leq 0^\circ\text{C}$	Jours		Biodiversité Aménagement du territoire

Indicateurs élaborés relatifs aux précipitations					
Nombre maximal de jours secs consécutifs	Pr	Nombre maximal de jours où RR<1 mm	mm		Agriculture
Maximum de précipitations cumulées sur 5 jours	Pr	Maximum des cumuls de précipitations sur 5 jours	jours		Eau
Nombre de jours de pluie	Pr	Nombre de jours où RR >= 1 mm	jours		Eau
Nombre de jours de fortes précipitations	Pr	Nombre de jours où RR>=10 mm	jours		Eau Aménagement
Nombre de jours de très fortes précipitations	Pr	Nombre de jours où RR>=20 mm	jours		Eau Aménagement
Jour de précipitations le plus élevé	Pr	Valeur maximale des précipitations quotidiennes dans la période observée	mm		Aménagement
Indicateurs complémentaires					
Humidité relative	Hurs	Rapport entre la teneur en vapeur d'eau de l'air ambiant et la teneur maximale en vapeur d'eau possible à la même température.	perunage (0 - 1)		Santé
Vitesse du vent	Wss	Vitesse du vent à 10 mètres d'altitude	Mètres par seconde		Energie
Vitesse du vent maximale à 10 mètres y compris les rafales	Wsgsmax				Forêts
Potentiel d'évapotranspiration	Evpsblpot				Biodiversité Forêt
Durée d'ensoleillement	Sund				Energie

2.3.7 L'aire d'étude

Pour la cartographie de référence, afin de faciliter l'analyse des tendances climatiques générales, il a été jugé utile de replacer la Wallonie dans un contexte régional plus large comprenant la Flandres, le Luxembourg, une partie de la France, de l'Allemagne et des Pays Bas. L'aire d'étude est donc fixée à 52,25N, 1,50E pour le coin supérieur gauche et à 58,50N, 7,75E pour le coin inférieur droit. Cette grille représente 15 cellules par 25 soit 375 cellules. Chaque cellule mesure 0,25 par 0,25 degrés. La zone est représentée par un cadre rouge en pointillé sur la Figure 28.

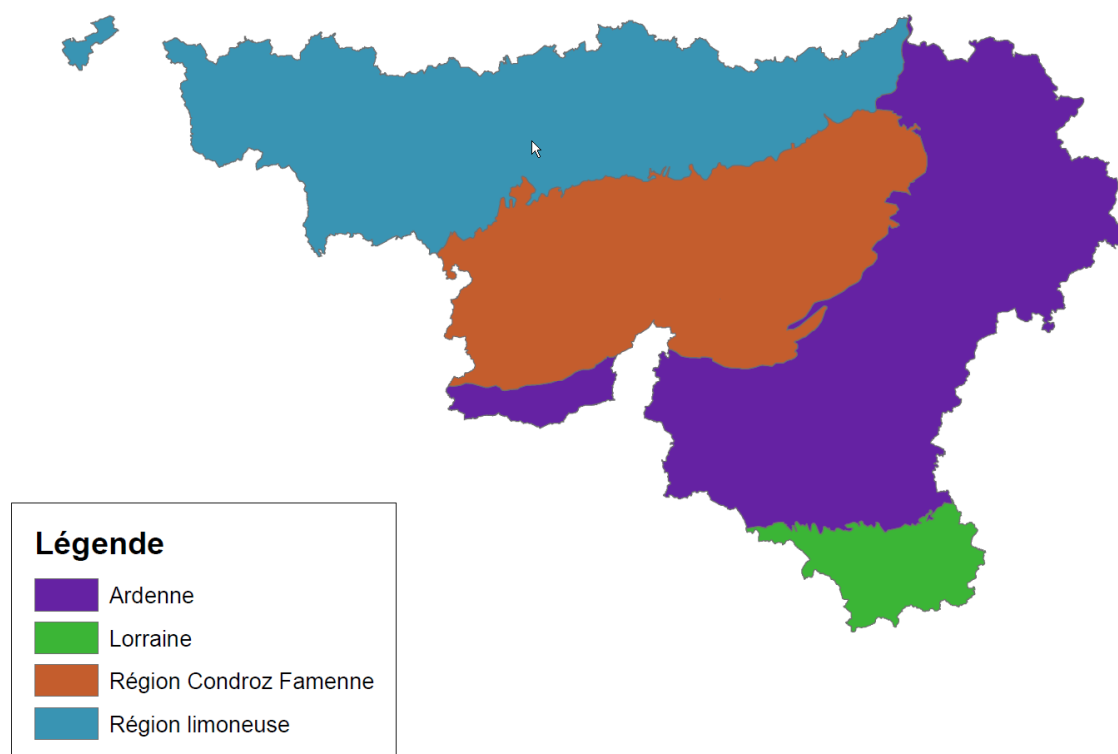
Dans le cadre des analyses sectorielles, les données des indicateurs de référence et des indicateurs élaborés sont fournies uniquement pour la Wallonie. Au sein de cette région, quatre sous-régions ont été également identifiées en fonction de leurs profils climatiques. Il s'agit de la Région Limoneuse, Condroz Famenne, des Ardennes et de la Lorraine (Figure 29). Les cellules de la grille appartenant à chacune des sous régions ont été identifiées en superposant la Figure 29 aux grilles des modèles. Compte tenu des différences en terme de projections utilisées (voir 2.3.4), la méthode de sélection des cellules n'était donc pas la même entre le modèle de référence et les deux modèles d'accompagnement.

Figure 28 : La Wallonie et les régions frontalières



Source : Google maps, 2011.

Figure 29 : Les régions de la Wallonie



Source : Portail environnement Wallonie

2.3.8 La forme des sorties et lecture des résultats

Les résultats sont disponibles sous plusieurs formats :

Indicateurs de référence

Il a été décidé d'établir des **cartes pour les indicateurs standards** (Tmean, Tmax, Tmin, Precip.) sur la base du périmètre large défini précédemment et dans le but d'esquisser des tendances générales.

Pour chacun de ces indicateurs, nous avons choisi de représenter dans le rapport uniquement **les cartes des projections moyennes**⁵, aux 3 horizons temporels prédéfinis (2030, 2050, 2085) en terme d'écart à la période de référence 1961-1990 et seulement pour les **données annuelles**. Ces cartes n'expriment donc pas la valeur absolue du paramètres mais un écart par rapport à cette référence (par exemple, +y degrés par rapport à la valeur de référence).

Afin de pouvoir saisir la variabilité des projections, nous affichons également les variations des deux autres projections (Projections moyennes, entre crochets : projections humides / projections sèches). Les valeurs affichées sont néanmoins celles de la Wallonie et non de l'ensemble de la zone.

⁵ Un fond de cartes complémentaire sur le modèle de référence est néanmoins mis à disposition de l'AWAC ainsi que l'ensemble des tables Excel (valeurs absolues, variations pour l'ensemble des résolutions temporelles et pour chacun des indicateurs).

Le choix de représenter uniquement les variations est motivé par le fait, comme nous l'avons vu, qu'en règle générale, les modèles tendent à mieux représenter les variations du climat futur qu'à représenter les valeurs observées passées.

Comment lire les cartes : comparer la période de référence et les échéances futures

Un modèle de prévision numérique ne reproduit pas exactement la climatologie observée. Le biais du modèle est l'erreur moyenne qu'il commet dans le calcul d'un paramètre donné. Ce biais peut être calculé en comparant les valeurs observées en certains points avec celles modélisées aux mêmes points.

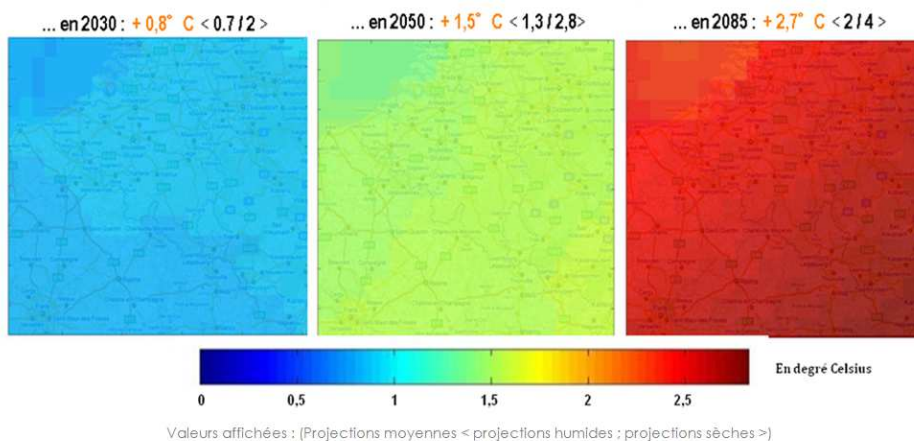
Pour cette raison, les cartes pour 2030, 2050 et 2085 sont établies à partir du modèle climatique de référence et non à partir des données observées. On applique alors les valeurs issues du scénario A1B du GIEC. Ainsi, lorsque l'on fait des comparaisons entre la période de référence et les échéances futures, le biais du modèle est effacé. Les écarts obtenus sont alors représentatifs des écarts qui seront vraisemblablement observés.

On fournit ci-dessous un exemple de cartes :

Figure 30 : Exemple de cartes

Evolution des températures moyennes aux horizons 2030 (2016-2045), 2050 (2036-2065) et 2085 (2071-2100) selon les projections moyennes

Températures moyennes annuelles :
Ecart à la période de référence 1961-1990



Pour illustrer les **paramètres en termes de variations saisonnières**, nous avons fait le choix de représenter les résultats des 3 modèles sous forme de tableaux, en écart à la période de référence 1961-1990. Les résultats des projections moyennes sont sur fond vert alors que ceux des **projections humides sont encadrés en bleu (Proj. H) et ceux des projections sèches en rouge (Proj. S).**

Pour les variations mensuelles, les résultats sont présentés uniquement par le point de grille contenant Namur sous forme de graphique, et pour les 3 modèles, toujours en écart à la période de référence 1961-1990.

On fournit ci-dessous un exemple de ces deux types de représentation pour la température moyenne :

Figure 31 : Exemples de sorties pour les indicateurs de référence

Figure 33 : Evolution des températures moyennes par saison par rapport à la période de référence 1961-1990

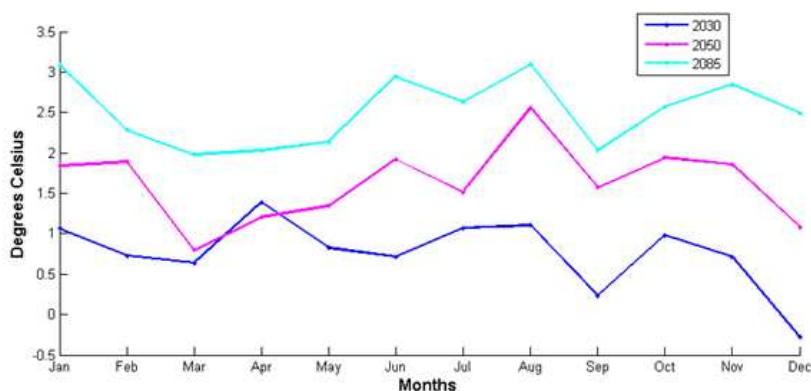
En degré Celsius (°C)

	DJF – Hiver			MAM – Printemps			JJA – Eté			SON – Automne		
	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085
Proi.H	+1.68	+2.4	+3.27	+0.68	+1.16	+2.48	-0.10	+0.53	+1.3	+0.79	+1.14	+1.31
Réf	+0.74	+1.52	+2.72	+0.95	+1.14	+2.18	+0.88	+1.81	+3.16	+0.77	+1.63	+2.66
Proi.S	+2.16	+2.55	+3.31	+1.64	+2.64	+3.45	+2.28	+3.2	+4.55	+1.76	+2.84	+4.43

Ecart de températures moyennes mensuelles aux horizons 2030, 2050, 2085 par rapport à la période de référence 1961-1990 selon les 3 modèles

Point de grille contenant Namur

Projections moyennes



Pour caractériser **l'évolution des extrêmes climatiques**, deux indicateurs ont particulièrement retenu notre attention. Il s'agit des indicateurs « très fortes précipitations » et « vague de chaleur/canicule », qui seront analysés également dans les tendances générales. Les autres sorties seront analysées par les experts sectoriels.

Indicateurs élaborés

Les résultats sont fournis à l'échelle de la Wallonie et pour les différentes sous-régions déterminées auparavant. Deux types de tableaux ont été remis aux experts pour caractériser les vulnérabilités sectorielles futures :

- Un par indicateur et aux résolutions temporelles requises (année, saisons ou mois)
- Un par secteur et par région (exemple : indicateurs de l'eau en Région Limoneuse)

Pour faciliter la lecture des résultats du second type de tableau, des cartes thématiques reprenant l'ensemble des régions ont par ailleurs été élaborées (*annexe 3.a*).

Comme pour les cartes, les résultats se lisent de la sorte : projections moyennes, entre crochets : projections humides / projections sèches. Les résultats sont ici exprimés en valeur absolue ou en écart, selon le choix des experts. Pour les paramètres se référant aux précipitations, il a cependant été préconisé d'utiliser les variations et non les valeurs absolues.

Figure 32 : Exemple de sorties pour les indicateurs élaborés

Les indicateurs de l'agriculture en région Condroz Famenne (valeurs absolues annuelles)

	1975 (1961-1990)	2030 (2016-2045)	2050 (2036-2065)	2085 (2071-2100)
nombre de jour de vague de chaleur (hdwi)	2.72 < 6.49 / 5.76>	11.48 < 16.60 / 23.79>	12.55 < 16.73 / 38.80>	27.34 < 21.52 / 60.98>
Nombre de jour de croissance végétative	265.13 < 223.39 / 242.11>	296.61 < 240.54 / 296.80>	306.82 < 242.92 / 315.73>	327.69 < 259.68 / 325.79>
nombre de jour de gel	58.51 < 96.14 / 88.33>	45.98 < 71.54 / 56.40>	38.51 < 62.06 / 46.46>	20.69 < 49.79 / 38.07>
nombre maximal de jours secs consécutifs	12.56 < 11.16 / 15.19>	14.13 < 12.61 / 18.68>	13.10 < 13.16 / 20.59>	13.12 < 10.00 / 20.23>

Evolution du nombre de journées d'été annuelles pour les différentes régions wallonnes (valeurs absolues)

	1975 (1961-1990)	2030 (2016-2045)	2050 (2036-2065)	2085 (2071-2100)
Région limoneuse	13.38 < 7.00 / 27.66>	17.85 < 5.89 / 47.51>	24.32 < 8.83 / 58.71>	36.81 < 10.60 / 71.91>
Région Condroz Famenne	14.18 < 4.76 / 25.28>	19.07 < 3.65 / 43.87>	26.02 < 6.45 / 54.76>	38.88 < 7.88 / 68.61>
Ardenne	14.88 < 4.40 / 24.29>	19.60 < 3.24 / 42.24>	26.46 < 6.11 / 52.92>	40.25 < 7.40 / 66.97>
Lorraine	18.23 < 7.38 / 35.21>	23.73 < 6.58 / 56.58>	31.43 < 10.52 / 68.24>	46.60 < 11.91 / 82.76>
Wallonie	14.69 < 5.71 / 26.68>	19.46 < 4.62 / 45.78>	26.32 < 7.58 / 56.79>	39.71 < 9.09 / 70.50>

2.4 Le devenir climatique de la région Wallonne

2.4.1 Un climat plus chaud

L'élévation de la température moyenne

La température moyenne (Figure 35 :) **devrait augmenter selon toutes les projections, horizons temporels, régions et saisons**, excepté les projections humides qui affichent une légère baisse à l'horizon 2030 en été.

En 2030, la hausse des températures reste limitée selon les projections moyennes et humides (moins de 1°C) alors que celle-ci est déjà nettement plus importante pour le modèle « étés chauds » (environ 2°C).

En 2050, l'écart tend à se creuser entre les différents modèles : + 1,5°C annoncé pour les projections moyennes contre + 2,8°C pour les projections sèches. Les projections humides continuent d'afficher des valeurs un peu en-deçà des valeurs du modèle moyen.

En 2085, l'incertitude se creuse davantage. Alors que les projections sèches atteignent +4°C, le changement projeté par les projections humides ne représente que la moitié. Les projections moyennes prennent une position intermédiaire en affichant une élévation de 2,7°C en 2085.

L'évolution des températures est homogène sur l'ensemble de la région Wallonne.

Le modèle moyen indique donc une hausse relativement modérée à l'horizon 2085 puisqu'il projette un changement de +2,7°C.

En termes de changements saisonniers, toutes les projections montrent une hausse des températures à tous les horizons, à l'exception des projections humides qui affichent une légère baisse en 2030 (Figure 33).

Les projections moyennes indiquent en 2030 une augmentation des températures surtout marquée au printemps (+1°C) suivi de l'été, de l'automne et de l'hiver. De 2050 à 2085, se sont les saisons estivales (+1,8 à 3,1°C), hivernales (+1,5 à 2,8°C) et automnales qui subissent un réchauffement prononcé.

Sans surprise, **les projections humides** affichent une élévation beaucoup plus grande des températures en hiver à l'horizon 2030 (+2°C) et 2050. En 2085, le réchauffement pourrait atteindre +3,3°C sur les mois DJF avec un pic à +5°C sur février selon les projections mensuelles sur Namur (Figure 34).

Les projections sèches indiquent quant à elles des changements majeurs sur les mois JJA et aussi SON en fin de siècle. Les températures estivales pourraient ainsi s'élever de 4,6°C avec des pics pouvant atteindre +6°C en juillet à l'horizon 2085 sur Namur (Figure 34).

Alors que les deux modèles d'accompagnement diffèrent considérablement sur les changements moyens projetés (facteur 2), ils reproduisent de façon très similaire (les projections moyennes également) les changements prévus pour la saison hivernale à l'horizon 2085.

A l'horizon 2085, l'ensemble des projections montrent une augmentation des températures comprises entre 2,7°C et 3,3°C pour l'hiver, et entre 1,3 et 4,6°C pour l'été. L'incertitude est donc plus grande sur la période estivale.

Figure 33 : Evolution des températures moyennes par saison par rapport à la période de référence 1961-1990

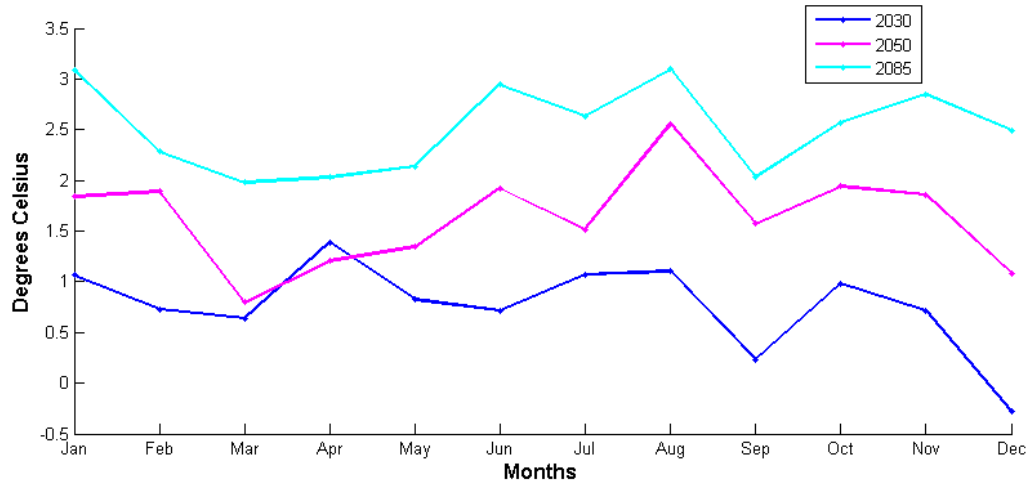
En degré Celsius (°C)

	DJF – Hiver			MAM – Printemps			JJA – Eté			SON – Automne		
	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085
Proj.H	+1.68	+2.4	+3.27	+0.68	+1.16	+2.48	-0.10	+0.53	+1.3	+0.79	+1.14	+1.31
Réf	+0.74	+1.52	+2.72	+0.95	+1.14	+2.18	+0.88	+1.81	+3.16	+0.77	+1.63	+2.66
Proj.S	+2.16	+2.55	+3.31	+1.64	+2.64	+3.45	+2.28	+3.2	+4.55	+1.76	+2.84	+4.43

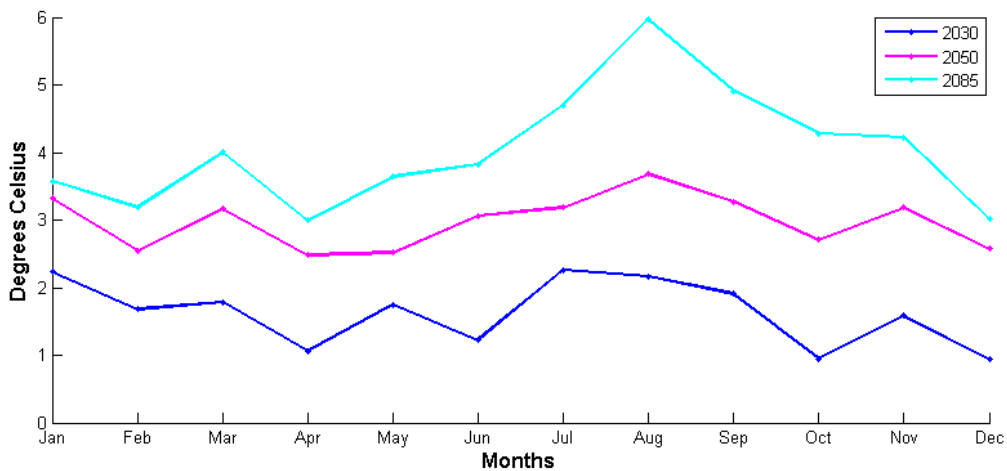
Figure 34 : Ecart de températures moyennes mensuelles aux horizons 2030, 2050, 2085 par rapport à la période de référence 1961-1990

selon les 3 projections, maille de la grille contenant Namur

Projections moyennes



Projections sèches



Projections humides

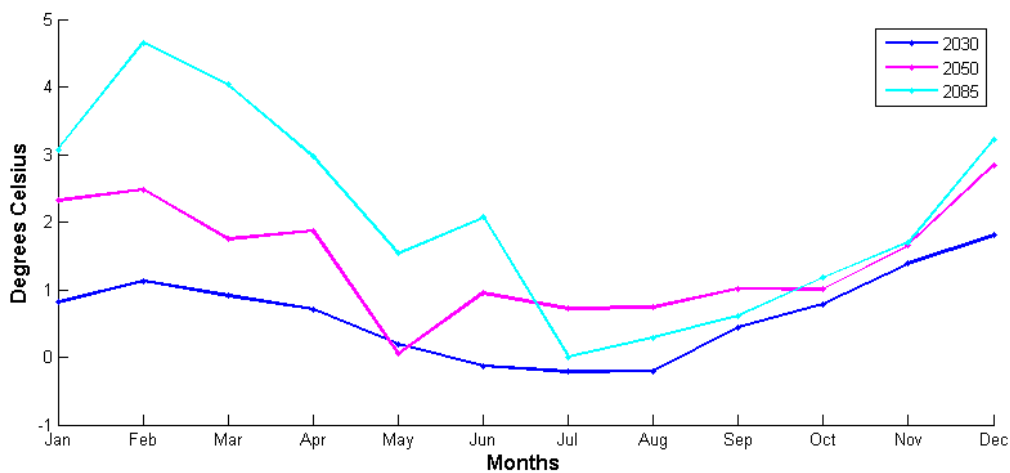


Figure 35 : Projections de l'évolution des températures moyennes annuelles aux horizons 2030, 2050 et 2085

Projections moyennes

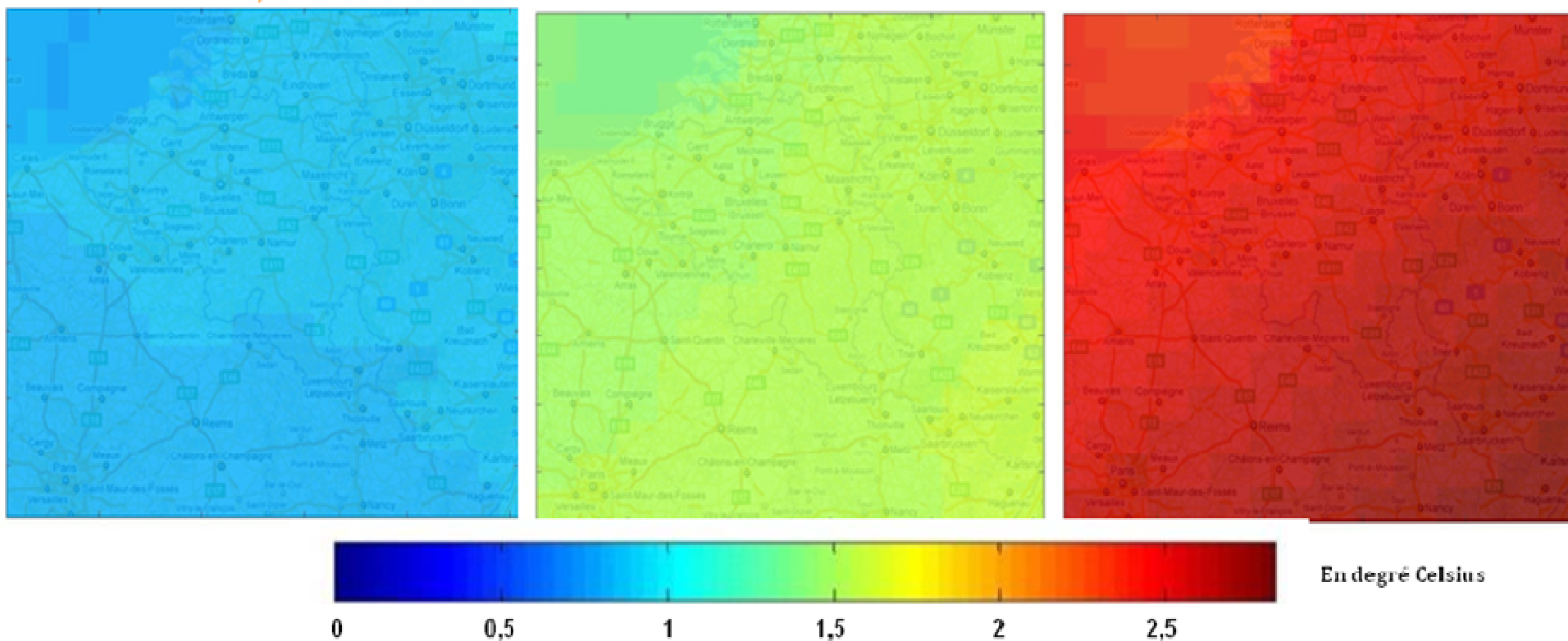
En écart à la période de référence 1961-1990

Horizons 2030 (2016-2045), 2050 (2036-2065) et 2085 (2071-2100)

... en 2030 : +0,8° C < 0,7 / 1,2 >

... en 2050 : +1,5° C < 1,3 / 2,8 >

... en 2085 : +2,7° C < 2 / 4 >



Valeurs affichées pour la Wallonie : (Projections moyennes < projections humides ; projections sèches >)

L'élévation des températures maximales

Les températures maximales (Figure 37) devraient suivre la même évolution que les températures moyennes. Elles augmentent dans tous les modèles, pas de temps, saisons avec la même exception pour les projections humides qui indiquent une légère baisse à l'horizon 2030 pendant la période estivale. Les différences entre les régions wallonnes sont très minimales. **Ils semblent néanmoins que les différences entre les modèles soient plus prononcées pour ce paramètre.**

En 2030, les projections sèches affichent une variation 3 fois plus importante que les projections humides (+2,1°C contre +0,7°C). Les projections moyennes prévoient quant à elles une augmentation de 0,88°C. Ces écarts tendent à se réduire avec le temps mais restent toujours considérables.

En 2050, les changements attendus dans les températures maximales sont de +1,2°C (projections humides) à +1,6°C (projections moyennes) et +3,1°C (projections sèches).

En 2085, l'élévation des températures varie de 2°C à 4,3°C avec un modèle moyen qui affiche une position intermédiaire de 2,8°C.

Les variations saisonnières sont également similaires à celles observées pour les températures moyennes.

Les modèles s'accordent particulièrement bien en termes de projections hivernales avec un écart de moins de 1°C entre les 3 modèles à l'horizon 2085. Les écarts pour cette échéance sont plus importants pour MAM (écart de 1,5°C) et encore plus pour SON (écart de 3,5°C) ou JJA (écart de 4°C). Alors que les projections sèches affichent une augmentation de +5,1°C pour les Tmax en été, les projections humides n'atteignent que +1,2°C. **Les projections moyennes prennent une position intermédiaire avec une élévation des températures de 3,6°C.**

Pour les autres horizons, les incertitudes sont aussi larges sur les projections saisonnières. Les projections humides montrent une baisse de 0,2°C pendant l'été en 2030 alors que les projections sèches prévoient déjà une augmentation de 2,6°C. Les projections moyennes indiquent elles une hausse de 0,9°C. Toujours à cette même saison, en 2050, les projections moyennes affichent une élévation de 2°C des températures maximales et le champ des variations possibles est toujours aussi important (de +0,5°C à +3,6°C).

Figure 36 : Evolution des températures maximales par saison par rapport à la période de référence 1961-1990

En degré Celsius (°C)

	DJF – Hiver			MAM – Printemps			JJA – Eté			SON – Automne		
	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085
Proj.H	+1.61	+2.30	+3.20	+0.60	+1.03	+2.38	-0.20	+0.45	+1.21	+0.76	+1.16	+1.24
Réf	+0.75	+1.47	+2.67	+1.11	+1.16	+2.25	+0.94	+1.97	+3.60	+0.71	+1.59	+2.66
Proj.S	+2.19	+2.67	+3.44	+1.87	+2.88	+3.77	+2.59	+3.62	+5.13	+1.78	+3.09	+4.73

Figure 37 : Projections de l'évolution des températures maximales annuelles aux horizons 2030, 2050, 2085

Projections moyennes

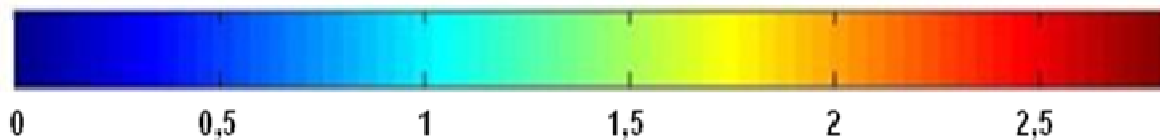
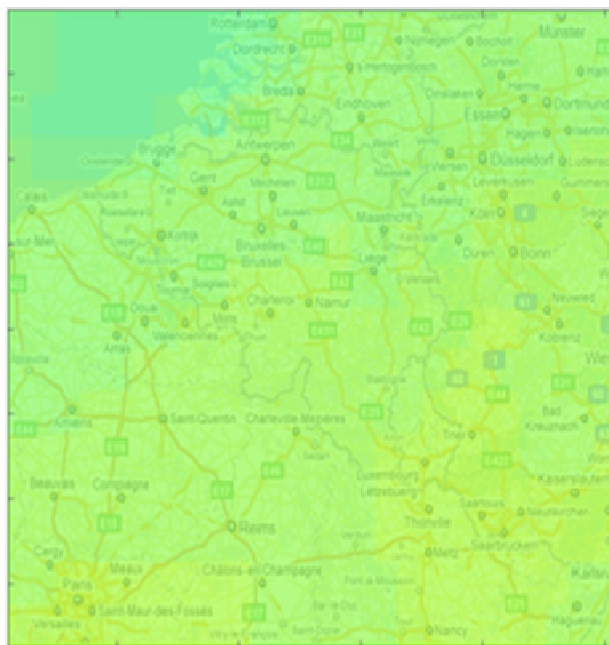
Ecart à la période de référence 1961-1990

Horizons 2030 (2016-2045), 2050 (2036-2065) et 2085 (2071-2100)

... en 2030 : **+0,9° C** <0,7|2,1>

... en 2050 : **+1,6° C** <1,2|3,1>

... en 2085 : **+2,8° C** <2|4,3>



En degré Celsius

Valeurs affichées pour la Wallonie : (Projections moyennes < projections humides ; projections sèches >)

L'élévation des températures minimales

Les tendances générales pour les températures minimales (Figure 39) sont similaires à celles observées pour les températures moyennes et maximales. **Toutefois, les écarts entre les projections sont cette-fois ci moins prononcés.**

En 2030, les projections moyennes et humides indiquent une hausse de 0,8°C alors que les projections sèches prévoient un degré de plus (+1,8°C). L'écart tend à se creuser un peu aux horizons plus lointains.

En 2050, les variations sont comprises entre 1,4 °C (projections humides) et 2,6°C (projections sèches). Le modèle moyen projette une augmentation de 1,5°C.

En 2085, la hausse de températures serait de 2,5°C pour les projections moyennes et atteindrait +3,7°C selon les projections sèches.

En termes de **variations saisonnières**, les projections moyennes produisent des résultats plutôt plats pour **2030** puisqu'elles annoncent une élévation identique des températures pour toutes les saisons d'environ 0,8°C. Il en est de même pour les projections sèches qui affichent cependant une hausse un peu plus prononcée des températures pour DJF (+2,1°C) et MAM (+1,4°C). Ce sont les projections humides qui produisent les résultats les plus variés : ne projetant pas de changement pour JJA, elles affichent une élévation de 1,8°C pour DJF.

A l'horizon 2085, les projections tendent à converger fortement pour DJF (écart de seulement 0,7°C). Ce sont les projections humides qui indiquent la plus forte hausse (+3,4°C). Les différences sont relativement modestes pour MAM (entre +2,1 et +3,2°C) mais assez conséquentes pour JJA et SON (entre +1,4°C et 4,1°C pour les deux saisons).

On observe que dans toutes les projections, le changement dans les valeurs moyennes annuelles des Tmax dépassent celui des Tmin, ce qui implique que **l'amplitude diurne**, c'est-à-dire la différence entre Tmax et Tmin deviendrait plus importante.

Figure 38 : Evolution des températures minimales par saison par rapport à la période de référence 1961-1990

En degré Celsius (°C)

	DJF – Hiver			MAM – Printemps			JJA – Eté			SON – Automne		
	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085
Proj.H	+1.82	+2.58	+3.41	+0.77	+1.32	+2.58	-0.04	+0.60	+1.37	+0.81	+1.13	+1.39
Réf	+0.74	+1.55	+2.72	+0.79	+1.12	+2.08	+0.83	+1.68	+2.68	+0.80	+1.67	+2.70
Proj.S	+2.18	+2.47	+3.24	+1.41	+2.40	+3.18	+2.00	+2.84	+4.13	+1.75	+2.69	+4.22

Figure 39 : Projections de l'évolution des températures minimales annuelles aux horizons 2030, 2050, 2085

Projections moyennes

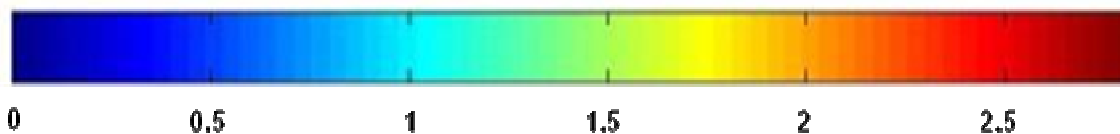
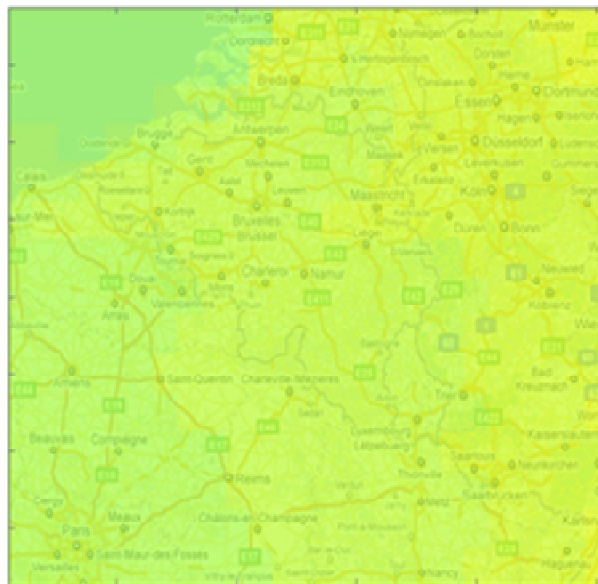
Ecart à la période de référence 1961-1990

Horizons 2030 (2016-2045), 2050 (2036-2065) et 2085 (2071-2100)

... en 2030 : **+0,8° C** < 0,8 / 1,8 >

... en 2050 : **+1,5° C** < 1,4 / 2,6 >

... en 2085 : **+2,5° C** < 2,2 / 3,7 >



En degré Celsius

Valeurs affichées : (Projections moyennes < projections humides ; projections sèches >)

2.4.2 Des hivers plus pluvieux, des étés plus secs

Les résultats pour les précipitations sont beaucoup plus incertains en termes de variations annuelles en raison des facteurs largement évoqués précédemment. Aujourd'hui, il est difficile de savoir quel sera le signe du changement pour ce paramètre.

Les projections peinent en effet à s'accorder sur l'évolution du volume de précipitations annuelles (Figure 41) : baisse des précipitations en 2030 puis légère hausse en 2050 et 2085 (+4,3% soit +58 mm) pour les projections moyennes, hausse constante pour les « projections humides » (+8,8% soit +105 mm en 2085) baisse pour les « projections sèches » (-4% soit -40 mm en 2085).

Les différences régionales apparaissent en revanche plus significatives : les projections moyennes indiquent une élévation des précipitations plus importantes dans les régions Condroz Famenne (+4,9%) et Ardenne (+4,6%) que dans la région Limoneuse (+3,2%) à l'horizon 2085. La région Lorraine prend une position intermédiaire. Cette tendance se confirme et se creuse si l'on regarde les projections humides : + 10 % environ pour les régions Condroz Famenne et Ardenne, +6,4% pour la région Limoneuse.

Si le signe du changement général n'est pas évident, **on observe des tendances communes aux trois projections sur l'évolution saisonnière des précipitations.** L'exemple pour le point de grille Namur l'illustre bien (Figure 42).

Les projections affichent toutes une augmentation des précipitations hivernales (Figure 40). Cette élévation est progressive et forte selon les projections moyennes avec respectivement +7%, +13,4% et 21,5% pour les horizons 2030, 2050 et 2085. L'augmentation est du même ordre de grandeur selon les projections humides mais bien plus brutales avec un saut de 16,4% pour l'horizon 2030. Les « projections sèches » indiquent une augmentation rapide (+8,4%) pour l'horizon « 2030 » suivi d'un tassement. En 2085, l'augmentation du volume global des précipitations hivernales serait donc comprise entre 20 et 80 mm selon les projections.

On s'attend par ailleurs à une baisse généralisée des précipitations estivales. Cette diminution est progressive selon les projections moyennes : -3,2%, -8,4% et -16,9% pour les horizons 2030, 2050 et 2085. La baisse est en revanche beaucoup plus marquée pour les projections sèches (-25% à l'horizon 2085) que pour les projections humides (-8%). En 2085, la baisse des précipitations serait alors comprise entre - 20 et -60 mm selon les projections. En automne, les changements sont relativement faibles dans toutes les projections avec une tendance néanmoins à la hausse des précipitations en fin de siècle (entre +2,7% et +8,4%). Le niveau de désaccord est beaucoup plus grand pour MAM : les projections humides affichent une hausse en 2085 alors que les projections sèches et humides prévoient peu de changements ou une légère baisse.

Figure 40 : Evolution des précipitations saisonnières, par rapport à la période de référence 1961-1990

En millimètres (mm)

	DJF – Hiver			MAM – Printemps			JJA – Été			SON – Automne		
	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085
Proj.H	↗ +58.4	↗ +67.0	↗ +68.9	↗ +25.5	↗ +31.5	↗ +45.6	↘ -12.7	↘ -12.3	↘ -19.8	↘ -5.8	↗ +10.2	↗ +9.0
Réf	↗ +29.0	↗ +50.8	↗ +81.5	↘ -33.7	↘ -20.9	↘ -0.6	↘ -10.4	↘ -26.9	↘ -52.2	↗ +12.0	↗ +1.3	↗ +30.1
Proj.S	↗ +27.5	↗ +9.8	↗ +20.7	↘ -11.6	↘ -0.4	↘ -13.3	↘ -23.1	↘ -38.1	↘ -58.7	↗ +20.1	↘ -10.8	↗ +13.9

Figure 41 : Projections de l'évolution des précipitations moyennes annuelles aux horizons 2030, 2050, 2085

Projections moyennes

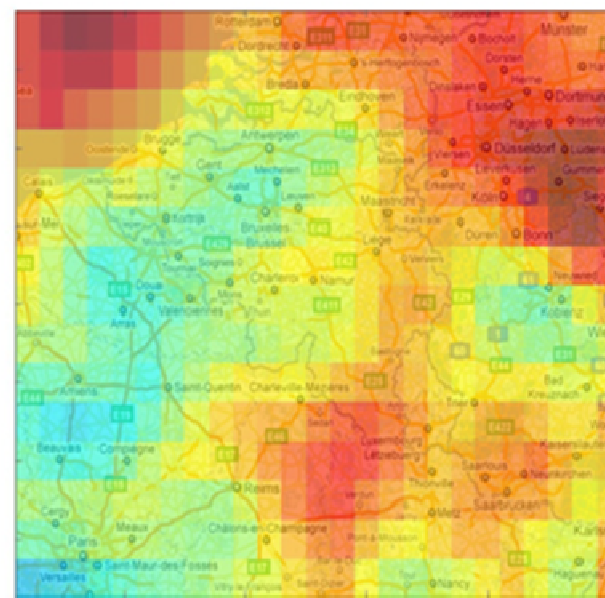
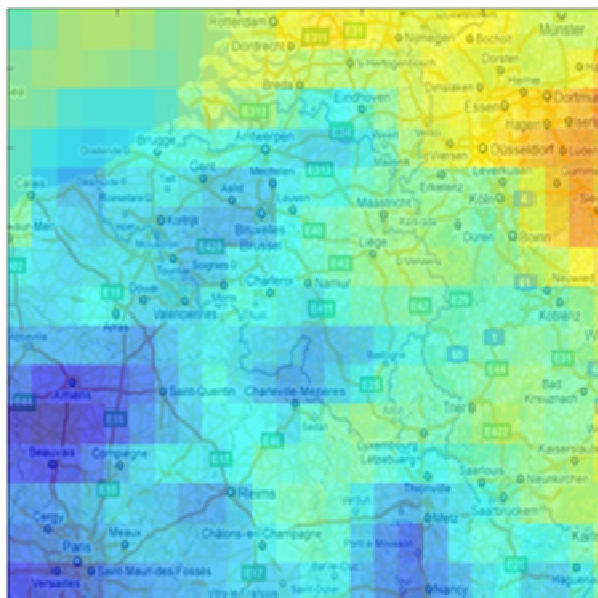
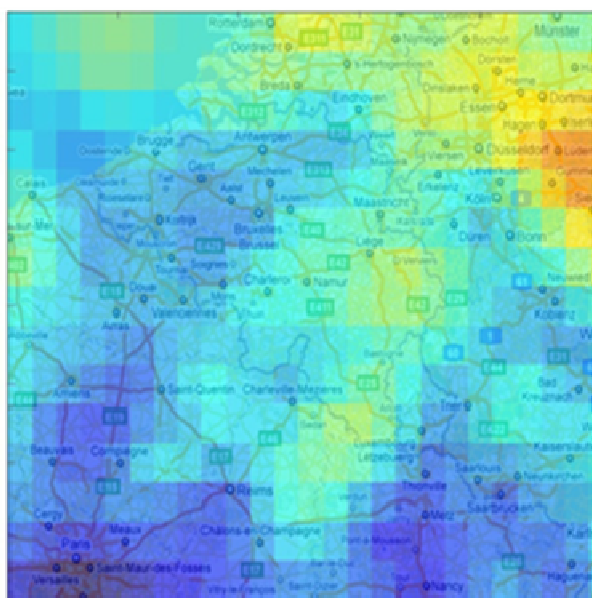
Ecart à la période de référence 1961-1990

Horizons 2030 (2016-2045), 2050 (2036-2065) et 2085 (2071-2100)

... en 2030 : **- 3 mm** < 65 / 12 >

... en 2050 : **+ 4 mm** < 96 / -40 >

... en 2085 : **+ 58 mm** < 103 / -37 >

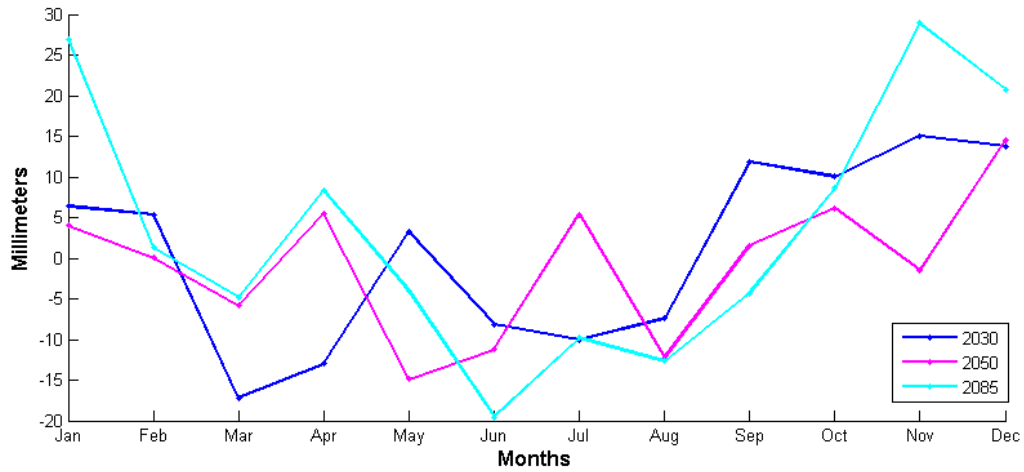


Valeurs affichées : (Projections moyennes < projections humides ; projections sèches >)

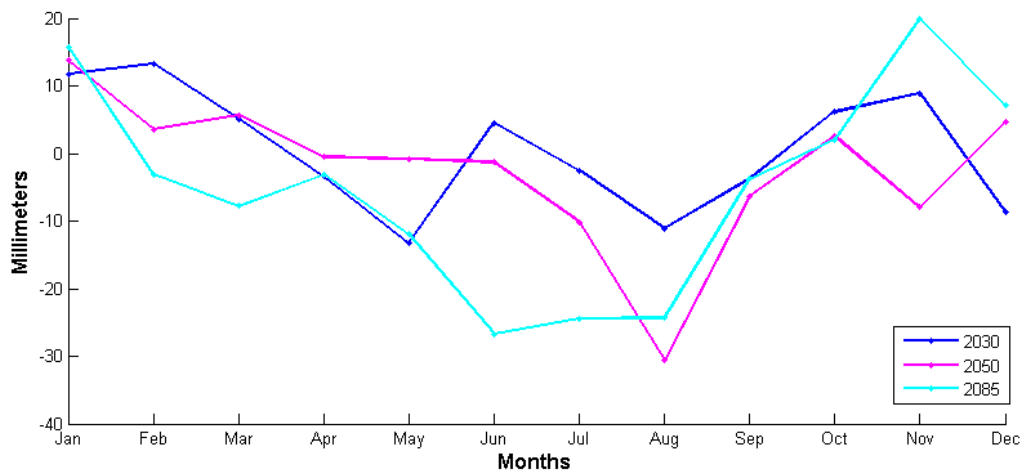
Figure 42 : Ecart des précipitations mensuelles aux horizons 2030, 2050, 2085 par rapport à la période de référence 1961-1990 selon les 3 modèles

Point de grille contenant Namur

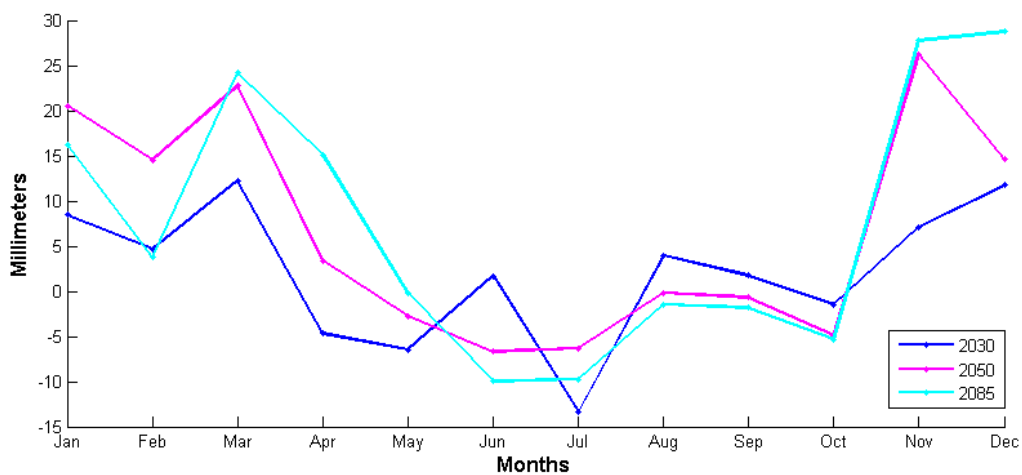
Projections moyennes



Projections sèches



Projections humides



2.4.3 Vers plus d'épisodes de très fortes précipitations ?

Les projections pour l'indicateur "jours de très fortes précipitations" varient considérablement selon les modèles et les régions.

On observe toutefois une **tendance à l'augmentation du nombre de jours annuels de très fortes précipitations** quels que soient l'horizon et le modèle. Celle-ci est particulièrement grande pour les projections moyennes qui indiquent + 40 % d'augmentation à l'horizon 2085 contre +10 et +29% pour les projections humides et sèches. Les contrastes régionaux sont ici aussi plus marqués. On s'attend ainsi à une augmentation majeure pour la région Lorraine et mineure pour la région Limoneuse.

En ce qui concerne les **variations saisonnières** (Figure 43), les projections s'accordent sur une augmentation des pluies intenses en hiver. Les projections moyennes affichent la plus forte hausse à l'horizon 2085 (+66%). Les projections humides et sèches indiquent respectivement +20% et + 33%.

On note également une certaine convergence des projections sur l'automne. En effet, elles tendent à s'accorder sur une élévation du nombre de jours de très fortes pluies même si un certain tassement se fait ressentir pour les projections humides.

Si le signal du changement diverge fortement entre les projections sur le printemps jusqu'à l'horizon 2050, une tendance à l'élévation des très fortes précipitations se profile à l'horizon 2085.

Les projections divergent par contre fortement pour la période estivale. Alors que les projections moyennes indiquent une élévation des pluies intenses, les projections humides et sèches affichent une baisse en fin de siècle. L'incertitude sur cette saison est donc beaucoup plus grande.

Figure 43 : Evolution saisonnière des jours de très fortes précipitations, en jours, par rapport à la période de référence 1961-1990

	DJF – Hiver			MAM – Printemps			JJA – Eté			SON – Automne		
	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085
Proj.H	↑ +0.71	↑ +0.88	↑ +0.35	↑ +0.41	↑ +0.51	↑ +0.24	↑ +0.06	↑ +0.1	↓ -0.04	↓ -0.11	↑ +0.37	↓ -0.02
Réf	↑ +0.54	↑ +0.81	↑ +1.29	↓ -0.03	↓ -0.03	↑ +0.29	↑ +0.38	↑ +0.17	↑ +0.16	↑ +0.39	↑ +0.35	↑ +1.08
Proj.S	↑ +0.43	↑ +0.51	↑ +0.63	↑ +0.14	↑ +0.36	↑ +0.44	↓ -0.15	↓ -0.23	↓ -0.42	↑ +0.7	↑ +0.25	↑ +0.88

2.4.4 Des vagues de chaleur plus fréquentes

On observe une nette tendance à l'élévation du nombre de jours de vagues de chaleur estivales à tous les horizons et selon toutes les projections (Figure 44), hormis pour les projections humides qui indiquent une légère baisse à l'horizon 2030. La hausse est comprise entre 1 jour (projections moyennes) et 12 jours (projections sèches) à ce même horizon.

A partir de 2050, les projections s'accordent sur une augmentation, comprise cette fois-ci entre +0,5 jour pour les projections humides et déjà + 18 jours pour les projections sèches. Les projections moyennes indiquent elles une hausse de + 2 jours.

A l'horizon 2085, l'écart tend à se creuser entre les projections : alors que les projections humides continuent d'afficher une hausse très modeste, les projections moyennes et sèches indiquent une forte élévation des vagues de chaleur comprise entre + 9 jours et + 27 jours.

On note par ailleurs une tendance à l'élévation des vagues de chaleurs au printemps et en automne, selon les projections moyennes et sèches, particulièrement marquée à l'horizon 2085 pour les projections sèches (+ 7 jours).

Figure 44 : Evolution saisonnière des vagues de chaleur par rapport à la période de référence 1961-1990

En jours supplémentaires

	DJF – Hiver			MAM – Printemps			JJA – Eté			SON – Automne		
	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085	2030	2050	2085
Proj.H	= 0.00	= 0.00	= 0.00	= 0.00	= 0.00	= 0.00	↘ -0.36	↗ +0.41	↗ +0.05	= 0.00	= 0.00	= 0.00
Réf	= 0.00	= 0.00	= 0.00	↗ +0.12	↗ +0.12	↗ +0.80	↗ +1.00	↗ +2.27	↗ +9.06	= 0.00	= 0.00	↗ +0.37
Proj.S	= 0.00	= 0.00	= 0.00	= 0.00	↗ +0.03	↗ +0.22	↗ +11.66	↗ +17.89	↗ +27.87	↗ +1.69	↗ +3.12	↗ +7.45

2.4.5 L'impact de scénarios socio-économiques plus extrêmes

La Région Flandres a réalisé ses projections climatiques à partir de PRUDENCE et principalement sur le scénario SRES A2. Aussi, ce scénario est considéré comme plus extrême que le scénario A1B, retenu dans le cadre de cette étude. C'est pourquoi, nous exposons ici les principaux résultats de leurs 3 scénarios qui devraient permettre de donner à long terme une fourchette supplémentaire d'incertitude quant aux projections des températures.

Les résultats sont extraits du rapport flamand "Bouwstenen om te komen tot een coherent en efficiënt adaptatieplan voor Vlaanderen" qui prend lui-même appui sur le rapport « Milieuverkenning 2030 » (Brouwers et al, 2009) et le rapport d'accompagnement scientifique « Wetenschappelijk rapport Klimaatverandering en waterhuishouding » (Ward et al, 2009), tous deux disponibles à l'adresse suivante : www.milieuverkenning.be.

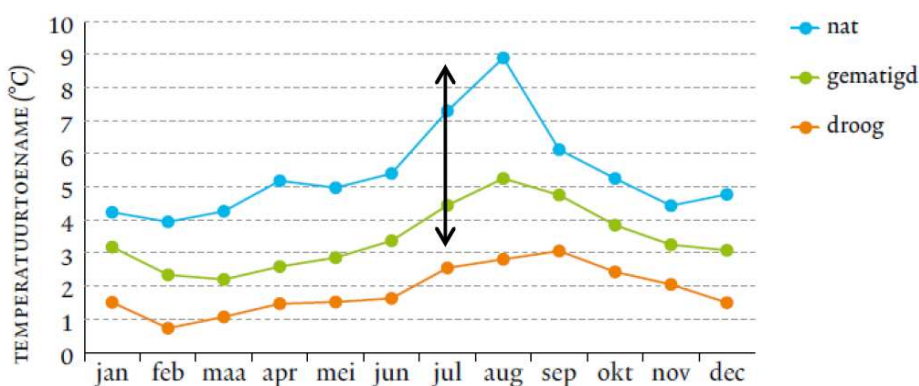
Le rapport scientifique décrit la façon dont les scénarios climatiques et socio-économiques ont été développés. Les scénarios climatiques sont basés sur les résultats des deux programmes de recherche CCI-HYDR et INBO.

Ils indiquent une augmentation de la température comprise entre 1,5°C et 4,4°C en hiver et 2,4 et 7,2°C en été (Brouwers et al, 2009, Ward et al, 2009) à l'horizon 2085.

Les résultats flamands projettent ainsi une plus grande variabilité entre les scénarios que ceux des modèles développés pour la région wallonne. De même, ils affichent des extrêmes « plus extrêmes » : +4,4°C pour l'hiver (contre 3,3°C pour la Wallonie), +7,2°C en été (contre 4,6°C) et des pics pouvant atteindre +8,9°C en août.

Les changements mensuels sont illustrés par le résultat des 3 scénarios de CCI-HYDR pour la station d'Uccle (Figure 45)

Figure 45 : Augmentation de la température moyenne mensuelle à Uccle selon les 3 scénarios CCI-HYDR pour la période 2071-2100



Nat : Scénario Humide
 Gematigd : Scénario modéré
 Droog : Scénario sec

Source : Brouwers et al, 2009, Ward et al, 2009

De même, en termes de précipitations, la saisonnalité pourrait être beaucoup plus marquée. **Le scénario extrême flamand annonce une augmentation du volume des précipitations pouvant atteindre + 60 % en période hivernale et une diminution de 70 % en période estivale.**

2.4.6 Les messages clés

Sont présentées ci-dessous les tendances générales qui s'esquissent au vu des projections des différents modèles. Les encadrés vert indiquent une forte convergence des projections, les rouges une forte divergence et les orange des résultats contrastés.

<p>Un climat plus chaud</p>	<p>Une élévation généralisée (horizons, saisons, régions) des températures moyennes : Entre +1,3°C et 2,8°C en 2050 et +2 et +4°C en 2085 Les projections moyennes prennent une position intermédiaire : +0,8°C en 2030, +1,5°C en 2050, +2,7°C. Les projections sèches affichent une hausse brutale dès 2030 (+2°C), hausse qui n'est atteinte qu'à l'horizon 2085 par les projections humides. Les températures maximales augmentent plus vite que les températures minimales.</p>
<p>...pas forcément moins pluvieux</p>	<p>Des projections peinant à s'accorder sur le signe du changement du volume de précipitations annuelles : baisse des précipitations en 2030 puis légère hausse en 2050 et 2085 (+4,3%) pour les projections moyennes. Hausse constante pour les projections humides (+8,8% en 2085) baisse pour les projections sèches (-4% en 2085). Des différences régionales plus marquées avec une augmentation des précipitations plus importantes dans les régions Condruz Famenne et les Ardenne.</p>
<p>Des hivers moins froids et plus pluvieux</p>	<p>Une augmentation progressive et forte des précipitations hivernales selon les projections moyennes avec respectivement +7%, +13,4% et 21,5% pour les horizons 2030, 2050 et 2085. Une augmentation du même ordre de grandeur selon les projections humides mais bien plus brutales avec un saut de 16,4% pour l'horizon 2030. Les projections sèches indiquent une augmentation rapide (+8,4%) pour l'horizon « 2030 » suivi d'un tassement. Des projections qui s'accordent sur une augmentation généralisée des températures en hiver (DJF) : Entre +0,7 et 2,2°C en 2030, +1,5 et +2,6°C en 2050, +2,7 et 3,3°C en 2085. Les projections moyennes indiquent la moins grande augmentation. L'écart entre les projections tend à se réduire en fin de siècle avec moins de 0,6°C de différence.</p>
<p>Des étés plus chauds et secs</p>	<p>Une baisse généralisée des précipitations estivales : diminution progressive des volumes de précipitations selon les projections moyennes : -3,2%, -8,4% et -16,9% pour les horizons 2030, 2050 et 2085. Baisse beaucoup plus marquée pour les projections sèches (-25 % des précipitations à l'horizon 2085) que pour les projections humides (-8% à l'horizon 2085). Des projections qui indiquent toutes une élévation des températures estivales (à l'exception des projections humides à l'horizon 2030) : Entre -0,1 et +2,3°C en 2030, +1,8 et +3,2 °C en 2050 et +1,3 et 4,5° en 2085. Les « projections sèches » affichent sans surprise la plus forte hausse avec des pics pouvant atteindre +6°C au mois d'août.</p>
<p>Des saisons intermédiaires plus douces</p>	<p>Une augmentation généralisée des températures au printemps et en automne. Des projections qui s'accordent à partir de 2085 sur une augmentation du volume de précipitations en automne : entre +2,7% et +8,4%. Une forte divergence des projections sur le signe du changement au printemps.</p>
<p>Vers plus d'épisodes de pluies intenses en hiver</p>	<p>Une tendance à l'augmentation du nombre de jours annuels de très fortes précipitations. Celle-ci est particulièrement grande pour les projections moyennes qui indiquent +40% d'augmentation à l'horizon 2085 contre +10 et +29% pour les projections humides et sèches. L'augmentation projetée est beaucoup plus importante et constante pour l'hiver, et dans une certaine mesure, pour l'automne. Les contrastes régionaux sont ici plus marqués : augmentation majeure pour la région Lorraine, mineure pour la région Limousine.</p>
<p>Des canicules estivales plus fréquentes</p>	<p>A partir de 2050, les projections s'accordent sur une augmentation du nombre de jours de canicules estivales. A cet horizon, le nombre de jours supplémentaire serait compris entre 0,41 (projections humides) et 18 jours (projections sèches). Les projections moyennes indiquent 2,3 jours supplémentaires. En 2085, une augmentation considérable est attendue pour les projections moyennes (+9 jours) et sèches (+28 jours).</p>

3 La vulnérabilité de la Wallonie aux changements climatiques

3.1 Une méthodologie innovante

Souhaitant dépasser les études d'impact classiques qui apportent une vision de bureau d'étude souvent assez restrictive, il a été décidé de s'appuyer sur des experts universitaires pour réaliser les travaux sectoriels.

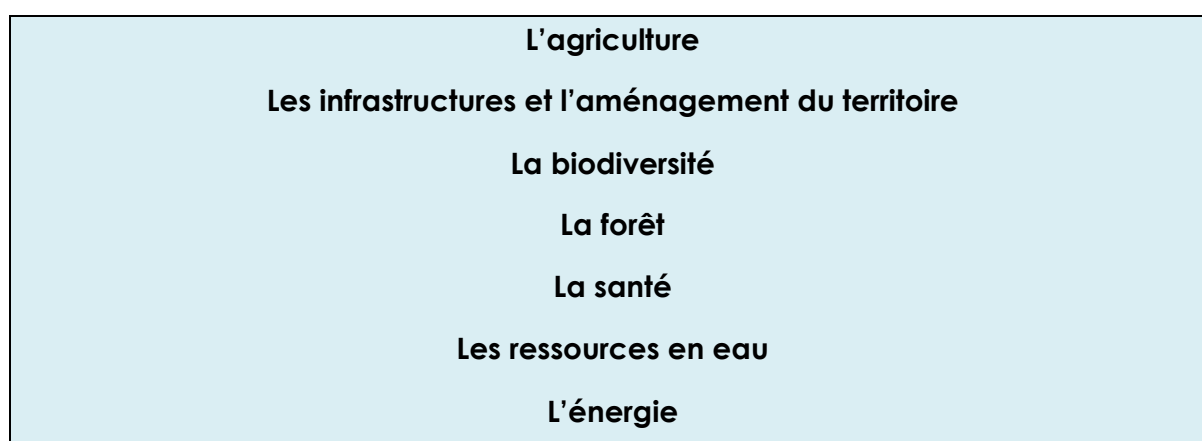
Préalablement à l'élaboration de ces travaux, les experts ont été sollicités pour choisir des indicateurs climatiques pertinents et nécessaires à l'analyse des impacts du changement climatique sur leur secteur.

Les études thématiques ont alors suivi une méthodologie commune clairement identifiée en début de mission. Elles sont restituées sous forme de fiches et présentent :

- Dans un premier temps, les **vulnérabilités au climat actuel** : les grandes caractéristiques et les chiffres clés du secteur, la dépendance au climat, les impacts connus et à l'œuvre, les enjeux pour la région et les points de vigilance...
- Dans un deuxième temps, **les vulnérabilités au climat futur** : les caractéristiques, les contraintes et les opportunités existantes issues du croisement des résultats des projections climatiques avec les analyses précédemment récoltées.

Ce travail s'est basé sur **une étude documentaire approfondie** à partir de sources régionales, nationales et internationales. Cette étude documentaire a été complétée par des entretiens avec des personnes ressources identifiées au niveau régional pour chaque thème.

Les secteurs retenus par la région Wallonne dans le cadre de cette étude sont les suivants.



Sont proposés ci-après une synthèse des **caractéristiques et principaux impacts actuels et à venir du changement climatique sur chacun des secteurs**.

3.2 Synthèse des principaux impacts sectoriels du changement climatique

3.2.1 L'agriculture

Principales caractéristiques régionales

- Contribution de l'agriculture wallonne au PIB régional d'environ 1% (DGA, 2005)
- Une main d'œuvre en diminution atteignant moins de 3% de la population active en 2010
- La moitié du territoire couverte par les activités agricoles (SAU = 44,9% de la superficie de la Wallonie)
- Des territoires et exploitations très spécialisés. Le secteur est fortement dominé par l'élevage (bovin laitier et viandeux) et les grandes cultures.

Les impacts actuels et les paramètres climatiques

Les paramètres météorologiques, pédologiques et les pratiques agricoles influencent conjointement la productivité agricole.

Des changements au niveau des paramètres météorologiques sont déjà observables : en Belgique, la dernière décennie a enregistré plus de records en termes de sommes des précipitations mensuelles et de températures mensuelles moyennes qu'aucune autre auparavant depuis le début des enregistrements en 1833 (Eitzinger et Kubu, 2009).

La température impacte chaque étape du développement des cultures. Le principal effet de la température est de contrôler la durée de la période de croissance des végétaux et les impacts associés aux températures sur les rendements varient donc selon les espèces en fonction du type de composante du rendement et de leur réponse en termes de développement phénologique.

La température impacte aussi indirectement les cultures et l'élevage car elle représente, avec l'humidité, un paramètre clé des conditions de vie des parasites et des maladies. On observe déjà des épisodes inédits d'invasions et une tendance à l'expansion vers les plus hautes latitudes de certains organismes.

Les vagues de chaleur sont elles aussi dommageables pour les cultures ainsi que pour l'élevage, et particulièrement l'élevage hors-sol.

De leur côté, les impacts négatifs liés au régime des précipitations dépendent de sa répartition, de sa quantité et de son intensité.

- Les évènements météorologiques extrêmes, comme les très fortes pluies et les sécheresses survenues durant la dernière décennie, se sont traduits par des diminutions de rendements pour plusieurs types de culture.
- L'agriculture wallonne est également vulnérable face au phénomène de l'érosion hydrique (diffuse ou concentrée) du sol or celui-ci trouve son origine dans les précipitations et le ruissellement.

Les impacts futurs

Des effets positifs consécutifs à la hausse des températures et de la concentration en CO₂ sont attendus mais il faut néanmoins tenir compte des multiples facteurs limitants comme la disponibilité en eau, la disponibilité en nutriments ou encore la photopériode.

Si des opportunités se dégagent, on s'attend à une augmentation des risques de stress thermique, de stress hydrique, de dégradation des sols, d'inondation ou encore à une augmentation de la pression des parasites, maladies et adventices.

Les incertitudes liées à l'évolution du climat, à la réponse des écosystèmes ou encore aux évolutions politiques et économiques impliquent qu'il est difficile d'établir un bilan net des effets positifs et négatifs des changements climatiques sur le secteur agricole.

Les sols jouent un rôle clé dans la résilience et il importe donc de réaliser des efforts pour les préserver.

3.2.2 Les infrastructures et l'aménagement du territoire

Principales caractéristiques régionales

- La Région wallonne est une des régions les plus densément peuplées d'Europe (206 hab./km). Il existe un clivage nord/sud en termes de densité de population, de bâti et d'infrastructures, le nord du sillon Sambre et Meuse étant très artificialisé.
- Le Brabant wallon et les axes reliant la dorsale à Bruxelles concentrent la grande majorité de la superficie urbanisée et industrielle.
- On assiste à une occupation extensive, croissante et diffuse du sol aussi bien par l'habitat que par les activités économiques.
- Les superficies occupées par les infrastructures de transport ont, elles aussi, augmenté de par l'accroissement du transport de personnes et marchandises.
- Le territoire belge a le réseau ferroviaire le plus dense d'Europe et le 2e réseau autoroutier le plus dense. Notons également que la région wallonne dispose d'un réseau de voies navigables dense.

Cette situation a pour corollaire une imperméabilisation et une artificialisation croissante du territoire wallon. Ceci, conjugué avec des fortes densités de population, d'équipements urbains, d'infrastructures, etc., augmente la vulnérabilité du territoire wallon aux aléas climatiques, ce qui sera l'objet du point suivant.

Les impacts actuels et les paramètres climatiques

Les infrastructures et le cadre bâti, qui ont une très longue durée d'utilisation, sont soumis à de nombreux risques liés directement ou indirectement aux aléas climatiques. **Les principaux risques sont ceux qui sont associés aux inondations, aux épisodes venteux extrêmes, aux instabilités de terrain et aux vagues de chaleur.**

Parmi ces risques, le risque d'inondation constitue le risque naturel auquel la Wallonie est le plus confrontée, tout le territoire wallon a été touché par au moins une inondation depuis 1967.

Le Gouvernement wallon a initié le Plan P.L.U.I.E.S qui vise à réduire le risque de dommages causés par les inondations. Dans le cadre de la gestion de ce risque, une cartographie des zones d'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau a été réalisée. Elle révèle que 6,5 % du territoire wallon se trouve en zone d'aléa.

Les phénomènes extrêmes de vent peuvent eux aussi occasionner d'importants dégâts sur les bâtiments et les infrastructures. Durant la dernière décennie, plusieurs provinces de la Région wallonne ont déjà été touchées par des vents dépassant les 100km/h.

Un autre risque qui affecte les bâtiments et les infrastructures est celui de l'instabilité de terrain. Il en existe différents types et certains peuvent être sensibles aux aléas climatiques : phénomènes karstiques et de retrait-gonflement des argiles.

Enfin, l'urbanisme, l'habitat et les modes de vie jouent un rôle dans la vulnérabilité des établissements humains à ces épisodes de fortes températures. Et les effets des vagues de chaleur dans les zones d'habitat peuvent être importants comme en témoigne la canicule de 2003.

Les impacts futurs

Les projections liées aux précipitations sont plus difficiles à interpréter que celles liées à l'évolution des températures. Une tendance à une intensification et à une saisonnalité plus marquée se dégage néanmoins. Les trois modèles s'accordent en effet sur :

- Une augmentation des volumes des précipitations durant le trimestre décembre-janvier-février.
- Une diminution progressive des volumes des précipitations durant le trimestre juin-juillet-août.
- Une légère augmentation du maximum des précipitations tombées en 24h à l'horizon « 2050 ».
- Une augmentation de la fréquence des très fortes précipitations
- Une hausse du nombre annuel de jours de précipitations supérieures à 20 mm

Face à ces prévisions, la nécessité de gérer le risque d'inondation est bien comprise par les autorités compétentes y compris dans l'optique du changement climatique. Cela se justifie, car les preuves reliant le changement climatique et augmentation du risque d'inondation sévère existent (Allan, 2011).

De plus, il est clair que les changements de précipitations et de températures vont modifier l'hydrologie de tous les bassins versants.

Plusieurs facteurs naturels à l'origine des phénomènes karstiques risquent d'être favorisés par le changement climatique : augmentation du volume annuel des précipitations, variation des niveaux piézométriques et crues brutales.

Les dégâts provoqués par le retrait-gonflement des argiles risquent quant à eux d'être amplifiés dans le cas d'une sécheresse prolongée, succédant à des périodes fortement arrosées.

Les villes risquent de souffrir de l'augmentation projetée du nombre de jours de canicule par an en raison de l'accentuation par le phénomène d'îlot de chaleur urbain.

En ce qui concerne la vulnérabilité future des infrastructures :

- Episodes de submersion
- Mouvements de terrain accrus
- Dilatation et déformation du rail en augmentation
- Plus grand risque de perturbation voire d'interruption de la navigation.

3.2.3 La biodiversité

Principales caractéristiques régionales

- La Wallonie occupe une position privilégiée en Europe avec une grande diversité de milieux naturels et d'espèces sur un territoire restreint mais qui est aussi très densément peuplé.
- Le niveau de connaissance du patrimoine naturel de la Wallonie s'améliore mais il n'existe pas d'inventaire exhaustif des habitats naturels et semi-naturels.
- Un suivi régulier d'espèces est effectué pour six groupes d'espèces (libellules, papillons, amphibiens, reptiles, oiseaux et chauves-souris) afin de détecter les éventuelles régressions et expansions d'aire.
- Une biodiversité menacée : 31% des espèces étudiées sont menacées de disparition à l'échelle de la Région wallonne. A cela s'ajoutent près de 9% qui y ont déjà disparu.

Les impacts actuels et les paramètres climatiques

Cinq menaces principales pesant sur la biodiversité wallonne ont été identifiées :

- **La fragmentation des habitats**
La perte, l'altération d'habitat et le développement de barrières écologiques sont notamment dus à la densité d'occupation du territoire, très forte en Wallonie et à l'urbanisation intense qui en découle (227 000 ha soit 13% du territoire) mais aussi par des pratiques agricoles et sylvicoles non adaptées.
- **les modifications des conditions physico-chimiques de l'environnement**
L'eutrophisation est certainement la modification des conditions physico-chimiques de l'environnement la plus importante à l'heure actuelle. L'enrichissement en azote eutrophisant des écosystèmes naturels et semi-naturels est une des causes majeures de leur dégradation. Les composés acidifiants ont par contre de moins en moins d'impacts sur la végétation. Enfin, le drainage, pratique courante, est défavorable pour les milieux humides.
- **les invasions**
Près de 300 espèces de plantes ornementales et 30 espèces de vertébrés d'origine exotique sont naturalisées en Wallonie. De plus, de nombreuses espèces invasives sont déjà présentes dans les régions limitrophes de la Wallonie.
- **la surpopulation de gibier**
La surdensité de grand gibier en Wallonie rend difficile l'introduction de feuillus et la diversification des espèces en peuplement forestier. Cela amène aussi une diminution de la diversité du tapis herbacé au profit de quelques espèces qui résistent au pâturage.
- **la surexploitation d'espèces**
La pêche, avec 63145 permis, n'est pas la menace la plus importante pour les populations des rivières et plans d'eau mais rajoute une pression supplémentaire. Par ailleurs, la chasse intervient en régulateur du grand gibier du fait de l'absence de grands prédateurs.

Les impacts futurs

Quatre grandes menaces futures ont été identifiées en fonction des projections climatiques réalisées :

- **la modification des aires de distribution**

Une hausse du nombre d'espèces méridionales et une baisse du nombre d'espèces des climats froids sont attendues. Notamment, l'étude du *BirdLife International* parle d'un glissement des aires de répartition des espèces d'oiseaux européennes de 550 km vers le nord-est d'ici 2100 si la température moyenne mondiale augmente de 3°C. La Wallonie se situerait en limite d'aire pour 60 espèces dont 44 seraient en diminution et 16 en augmentation. Les nouvelles espèces et celles qui disparaîtraient seraient au nombre de 19 dans chaque cas.

Les espèces présentes en Wallonie peuvent être classées en trois types :

- Les espèces des zones tempérées, qui ont une distribution relativement centrée sur le pays et qui sont capables de supporter quelques degrés de plus.
- Les espèces des zones froides, qui sont localisées sur les plateaux ardennais. Ce sont souvent des populations reliques des conditions glaciaires qui subsistent dans des micro-habitats. Les conditions climatiques actuelles qui permettent le maintien de ces espèces en Belgique risquent de disparaître.
- Les espèces des zones chaudes qui se trouvent en Lorraine et sur les terrains calcaires bien exposés dans la vallée de la Meuse et de ses affluents. Le changement climatique pourrait favoriser leur expansion.

- **la modification de la phénologie**

On devrait assister à une plus grande précocité des événements printaniers et à une plus grande tardivité des événements automnaux. Des décalages entre certains processus biologiques pourraient apparaître. Enfin, les espèces migratoires sont susceptibles d'être plus vulnérables car elles traversent plusieurs milieux qui pourraient changer.

- **l'amplification des invasions**

Le seuil thermique qui bloque pour le moment l'installation et l'expansion de certaines espèces présentes en Wallonie pourrait être levé conduisant ces espèces à devenir invasives. Ensuite, l'abondance d'espèces déjà déclarées comme invasives dans notre région pourrait augmenter. Enfin, des espèces invasives pourraient voir leur aire de distribution s'étendre et s'installer chez nous, depuis la France par exemple.

- **le risque d'incendie**

Une apparition du risque d'incendie en été, actuellement peu présent, voire absent en Wallonie, n'est pas à exclure. Certains habitats (pelouses thermophiles, landes, etc.) pourraient y être particulièrement sensibles, d'autant plus que les espèces présentes en Wallonie ne sont pas aussi bien adaptées au passage du feu que les espèces des régions où il s'agit d'un phénomène naturel et régulier, comme dans la région méditerranéenne par exemple.

3.2.4 La forêt

Principales caractéristiques régionales

- La forêt occupe 33% du territoire Wallon (48% en domaine public avec des surfaces importantes facilitant la gestion des travaux forestiers – 52% en domaine privé avec un morcellement important ce qui rend son organisation difficile).
- Les feuillus et les résineux sont présents à part quasiment équivalente mais très distinctement selon les régions.
- Les forêts wallonnes remplissent deux types de fonction :
 - Fonctions « utilisation » : production de bois, production de produits forestiers non ligneux, récréation (promenade, chasse...)
 - Fonctions « écosystémiques » : réservoir de biodiversité, régulation du climat et du régime des eaux, protection des sols, contribution à la qualité de l'air et de l'eau

Les impacts actuels et les paramètres climatiques

Sept menaces principales pesant sur la forêt wallonne ont été identifiées :

- **les aléas climatiques**
7% des peuplements présentent des dégâts causés par des événements climatiques. Ces désordres rendent les arbres plus vulnérables à des stress secondaires (attaques d'insectes, maladies, etc.).
- **les pullulations**
Environ 20 000 ha de forêts en Wallonie présentent des dégâts d'insectes et/ou de champignons sur plus de 25% des arbres.
- **les surdensités de gibier**
Les populations de grands ongulés ont fortement augmenté au cours des dernières décennies provoquant des dégâts – écorcements et frottements – plus particulièrement sur les peuplements résineux et amenant un risque direct pour la biodiversité.
- **les modifications des conditions physico-chimiques de l'environnement**
En 2007, environ 6% des surfaces forestières étaient affectés par des dépôts azotés dépassant la charge critique en azote eutrophisant. Les composés acidifiants ont par contre de moins en moins d'impacts sur la végétation.
- **les invasions**
Près de 300 espèces de plantes ornementales et 30 espèces de vertébrés d'origine exotique sont naturalisées en Wallonie. De plus, de nombreuses espèces invasives sont déjà présentes dans les régions limitrophes de la Wallonie.
- **la surexploitation d'espèces**
En Wallonie, la *surexploitation* d'espèces ne concerne pas les essences ligneuses. Les prélèvements de bois sont surveillés de très près et sont actuellement inférieurs aux accroissements. Les espèces qui peuvent être concernées par la surexploitation sont les produits forestiers non ligneux.
- **la sur fréquentation**
La densité importante de population et le taux élevé d'urbanisation entraînent une fréquentation importante des massifs forestiers.

Les impacts futurs

Six menaces futures ont été identifiées en fonction des projections climatiques réalisées :

- **la modification des aires de distribution**

Une hausse du nombre d'espèces méridionales et une baisse du nombre d'espèces des climats froids sont attendues. Le hêtre et l'épicéa seront notamment défavorisés par la diminution de la fréquence des hivers froids. Par ailleurs, la vitesse de migration des espèces (200 à 300 m par an) est inférieure à celle requise par le changement climatique envisagé (1 km par an). Les conséquences sont donc difficiles à prévoir.

- **la modification de la phénologie**

On devrait assister à une plus grande précocité des événements printaniers et à une plus grande tardivité des événements automnaux. Des décalages entre certains processus biologiques pourraient apparaître. Des opportunités positives peuvent également ressortir comme par exemple au niveau de la fructification des essences forestières. Actuellement, on semble déjà assister à des fructifications plus fréquentes.

- **l'impact sur la croissance forestière**

Dans un premier temps au moins, l'enrichissement en CO₂ et l'allongement de la période de croissance végétative devraient stimuler la croissance forestière, et donc la production de bois (avec des limites liées aux températures excessives, aux dépôts d'azotes). A terme, cela sera suivi par un plateau voire un déclin lié aux limites dans la fertilité du sol ainsi que par la sécheresse relative induite par l'augmentation de température et la modification du régime des précipitations.

- **l'augmentation de la fréquence des pullulations**

Le changement climatique devrait conduire à une ampleur accrue des dégâts causés par les organismes pathogènes et parasites.

- **l'augmentation de la fréquence des aléas climatiques**

L'augmentation des températures automnales pourrait rendre certaines essences plus sensibles au froid hivernal et au gel. L'augmentation des températures printanières devrait mener à un débourrement plus précoce ce qui pourrait accroître les risques de dégâts de gelées tardives. L'augmentation des températures combinée à des sécheresses plus fréquentes conduira à plus de périodes de stress hydrique. Enfin, une apparition du risque d'incendie en été n'est pas à exclure. Certains peuplements et certaines régions pourraient y être particulièrement sensibles.

- **l'amplification des invasions**

Le seuil thermique qui bloque pour le moment l'installation et l'expansion de certaines espèces exotiques présentes en Wallonie (mais non invasives actuellement) pourrait être levé conduisant ces espèces à devenir invasives. Ensuite, l'abondance d'espèces déjà déclarées comme invasives dans notre région pourrait augmenter. Enfin, des espèces invasives pourraient voir leur aire de distribution s'étendre et s'installer chez nous, depuis la France par exemple.

3.2.1 La santé

Principales caractéristiques régionales

- La population Wallonne tend à vieillir avec un vieillissement au sein même du vieillissement (progression des personnes âgées de plus de 80 ans).
- L'offre de soin est inégale en région Wallonne avec une disparité suivant que l'on se rapproche de Bruxelles. Par ailleurs, le vieillissement concerne aussi les médecins généralistes actifs avec un tiers d'entre eux qui ont plus de 55 ans.
- En lien avec le vieillissement de la population Wallonne, il sera nécessaire de créer de nombreuses places supplémentaires en maison de repos et en maison de repos et de soins.

Les impacts actuels et les paramètres climatiques

La relation entre le climat et la santé est complexe. Il existe des liens directs et des liens indirects entre différents problèmes de santé et le changement climatique. Les liens sont multiples et dans ce sens, l'impact du changement climatique sur certains problèmes de santé est incertain puisque plusieurs facteurs influencent ces problèmes de santé.

Les effets directs :

- **Mortalité et morbidité liés aux canicules et aux vagues de chaleur**
Lors de la canicule qui a touché toute l'Europe durant l'été 2003, 1300 additionnels (9.5% de surmortalité) étaient attribués à celle-ci en Belgique parmi les personnes de 65 ans et plus, avec un record de température dans le sud de la Belgique enregistré à 38,6 °C. Parmi les personnes de moins de 65 ans, on n'a pas enregistré une augmentation significative de la mortalité dans ce groupe.
- **Maladies liés aux hivers froids**
Lors d'hivers plus froids, les pics de pollution sont plus nombreux et plus importants. La grippe saisonnière tue chaque année 1000 à 1500 personnes. Durant l'hiver 2008-2009 (décembre-janvier-février), 2200 personnes supplémentaires sont décédées par rapport à la moyenne, en raison du froid, des pics de pollution aux particules fines et de l'épidémie de grippe.

Les effets indirects :

- **Maladies liées à la qualité de l'air**
- **Maladies allergènes**
- **Maladies à vecteur et zoonoses**
- **Maladies liées à la contamination de la nourriture, de l'eau et à la sûreté alimentaire**
- **Maladies mentales**

Les impacts futurs

En regard des projections climatiques, les vulnérabilités futures auxquelles la Wallonie doit s'attendre et s'occuper en premier, étant donné qu'elles peuvent être désastreuses en termes de mortalité et de morbidité, sont les suivantes :

- **L'augmentation de la mortalité, essentiellement en été**, avec l'augmentation des températures et l'augmentation du nombre de jours supplémentaire de vague de chaleur/canicule. Il faudra particulièrement faire attention aux personnes à risques (personnes âgées, enfants de moins de 5 ans, personnes avec maladie cardiovasculaire et/ou pulmonaire, personnes avec un handicap,...) ;
- **Les intoxications alimentaires** (essentiellement pendant l'été) et la perturbation de la chaîne de distribution alimentaire. En effet, l'augmentation des températures influence directement la chaîne de froid ;
- **Les maladies à vecteurs et autres** (besoin urgent de recherche et de vigilance).

3.2.2 Les ressources en eau

Principales caractéristiques régionales

- La Région wallonne est dotée d'un bon capital en eau douce de par la fréquence et la régularité des précipitations qui garantissent une plus grande infiltration efficace et donc une bonne recharge des nappes d'eau souterraine.
- On estime que les prélèvements totaux en eaux souterraines représentent environ 70% du volume renouvelé naturellement par la recharge pluviométrique et 80% de ces volumes prélevés servent à alimenter en eau potable la Wallonie, la Région de Bruxelles-Capitale et la Flandre.
- Les prélèvements dans les eaux de surfaces sont 5.5 fois plus importants que ceux effectués dans les eaux souterraines mais 90% des volumes prélevés sont rejetés après avoir été utilisés comme eaux de refroidissement dans l'industrie et principalement dans la production d'énergie.
- La pollution des eaux souterraines et des eaux de surfaces reste un problème. Une nette opposition nord/sud du sillon Sambre et Meuse apparaît. La plus forte urbanisation, l'intensivité de l'élevage et la présence de grandes cultures ainsi que l'industrialisation plus importante du nord de la région wallonne expliquent cette situation.

Les impacts actuels et les paramètres climatiques

L'état des lieux nous amène à envisager les vulnérabilités actuelles de l'eau wallonne, d'une part, sur le plan quantitatif, avec la question centrale de la recharge des nappes aquifères, et, d'autre part, sur le plan qualitatif, avec les problèmes de pollution qui concernent les eaux souterraines et les eaux de surface. Les précipitations et les températures jouent un rôle essentiel sur les deux plans.

Une réduction de réserves en eau peut être causée par de longues et fréquentes saisons sèches, une variabilité interannuelle des précipitations, de hautes températures et une forte évaporation :

- Réduction du niveau des nappes d'eau souterraine
- Réduction des débits des cours d'eau
- Augmentation de la demande en eau
- Ecoulement des fortes pluies hivernales dans les cours d'eau

Sur le plan qualitatif, les mêmes paramètres climatiques, à savoir la fréquence, la régularité, l'intensité et la quantité des précipitations ainsi que les températures moyennes constituent les paramètres clés.

Les précipitations influencent le lessivage, l'érosion hydrique, le niveau des nappes ainsi que le débit des cours d'eau. De la sorte, leur quantité, leur intensité et leur répartition saisonnière auront un impact sur la qualité des eaux souterraines et des eaux de surfaces.

Une forte pluviométrie influence aussi les épisodes d'inondation. Au-delà des dégâts matériels qu'ils provoquent, ces épisodes augmentent la quantité de polluants et de matières organiques qui rejoint les cours d'eau.

La récurrence des inondations enregistrées en Belgique a déjà augmenté durant les dernières décennies. Des inondations majeures ont eu lieu en 1995, 1998, 2002, 2003, 2005 et récemment en 2010 et 2011. La pluviométrie à elle seule n'explique pas cette augmentation. L'augmentation des épisodes d'inondations s'explique donc par d'autres facteurs comme l'urbanisation (Commission Nationale Climat, 2009).

Les impacts futurs

Les projections liées aux précipitations sont plus difficiles à interpréter que celles liées à l'évolution des températures. Une tendance à une intensification et à une saisonnalité plus marquée se dégage néanmoins. Les trois modèles s'accordent en effet sur :

- Une augmentation des volumes des précipitations durant le trimestre décembre-janvier-février.
- Une diminution progressive des volumes des précipitations durant le trimestre juin-juillet-août.
- Une légère augmentation du maximum des précipitations tombées en 24h à l'horizon « 2050 ».
- Une augmentation de la fréquence des très fortes précipitations
- Une hausse du nombre annuel de jours de précipitations supérieures à 20 mm

Les conséquences de ces changements sont multiples, certaines sont précisées dans d'autres fiches thématiques

- **Amplification des processus de lessivage et lixiviation**
- **Ruissellement et érosion hydrique accrus**
- Entraînement vers les cours d'eau d'une plus grande quantité de polluants.

De plus, la diminution projetée des volumes de précipitations estivales couplées à une élévation projetée des températures accentuera les processus de :

- **Evapotranspiration**
- **Réduction des débits d'étiage**
- Abaissement des nappes d'eau souterraine

3.2.3 L'énergie

Principales caractéristiques régionales

- La demande en énergie est globalement stable depuis 1990
- Le chauffage représente 20% de la consommation énergétique totale en Région wallonne
- Une grande majorité de l'énergie consommée est d'origine fossile
- La production énergétique se limite presque exclusivement au secteur électrique

- La production électrique wallonne est dominée par le nucléaire (71,5%) avec contribution croissante des énergies renouvelables (8%)
- La production électrique est également très majoritairement centralisée
- La dépendance électrique vis-à-vis de l'étranger est en augmentation
- La demande d'électricité est volatile, principalement influencée par la température et l'activité économique

Le système de production électrique est appelé à connaître de profondes mutations, en bonne partie dictées par la nécessité de lutter contre le changement climatique en développant une société à bas carbone. D'un parc centralisé, basé sur les énergies nucléaire et fossile, on se dirige vers un parc fortement décentralisé, dominé à terme par les énergies renouvelables, avec des énergies de flux, variables. Cette transition nécessitera des mesures d'adaptation de très grande ampleur, tant en termes de dimensionnement et de gestion des réseaux de transport et de distribution que de capacités de production et de stockage. Les modes de consommation et la perception d'une énergie – électrique en particulier – disponible en permanence sans restriction, devront vraisemblablement être revus.

Les impacts actuels et les paramètres climatiques

Le secteur électrique est de loin le plus grand consommateur d'eau en Wallonie. La pression environnementale exercée par les centrales électriques sur les cours d'eau est principalement d'ordre thermique et des normes de températures des rejets ont donc été établies. **La dépendance actuelle du secteur électrique wallon à la disponibilité massive d'eaux de refroidissement, sur le territoire régional mais également dans les parcs interconnectés, génère naturellement une vulnérabilité.**

D'autre part, le rapport annuel 2009 de la Commission wallonne pour l'énergie (CWAPE) pointe l'apparition de problèmes liés à la capacité du réseau. Si ces problèmes ne sont pas la résultante directe de modifications climatiques, ils sont générés par le développement très rapide de la production d'électricité décentralisée et à base de sources d'énergies renouvelables.

En ce qui concerne l'évolution de la consommation, les extrêmes de température impactent la consommation énergétique : la diminution de la consommation pour le chauffage se révèle être un potentiel important, la vulnérabilité aux fortes chaleurs est de son côté encore peu marquée en Région wallonne.

Les impacts futurs

La consommation d'énergie finale en Wallonie est aujourd'hui pour 20% générée par les besoins de chauffage. L'impact le plus évident des changements climatiques à venir réside sans doute dans la diminution de ces besoins, particulièrement marquée et allant en s'accroissant, dans nos projections moyennes, à partir de 2030.

Pendant, le risque d'augmentation importante de la consommation énergétique (électrique très principalement) pour des besoins de refroidissement pendant la saison chaude est sans doute central, en termes d'adaptation pour la Wallonie.

D'autre part, nos recherches montrent qu'il existe actuellement des vulnérabilités considérables aux épisodes de sécheresse et canicule dans le parc électrique français, vulnérabilités vraisemblablement existantes dans d'autres parcs interconnectés, de même que leur impact possible sur la sécurité d'approvisionnement en Région wallonne. Les projections climatiques tendent à faire penser que ces vulnérabilités pourraient se trouver sensiblement accrues, même si elles sont prises en compte par les politiques d'adaptation des pays concernés.

De plus, la structure du parc de production électrique wallon est appelée à être radicalement modifiée dans les 30 années à venir. La question de l'absorption de la production issue de sources renouvelables variables est aujourd'hui absolument centrale dans le dossier énergétique.

En dehors des questions liées à la gestion de l'évolution de la demande et aux perspectives d'une production de plus en plus décentralisée, le développement du parc de production renouvelable doit également tenir compte de l'influence de la modification du climat sur la productivité elle-même des différentes sources d'énergie renouvelables :

- Modification du régime des vents et production éolienne
- Modification des températures et de l'ensoleillement et production photovoltaïque
- Influence de la modification de la pluviométrie saisonnière sur la productivité des installations hydro-électriques
- Influence de la modification de différents paramètres climatiques et atmosphériques (concentration en CO₂, température, pluviométrie) sur la croissance de la biomasse cultivée à des fins de production énergétique

Pour finir, on s'attend également à un risque accru pour l'intégrité et la capacité des installations de production et de transport en cas d'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes ou d'épisodes de très fortes températures.

3.3 Une hiérarchisation temporelle et sectorielle des impacts

Afin de construire un diagnostic synthétique et de dégager des priorités dans les vulnérabilités, il a été demandé aux experts de **répertorier les impacts identifiés et de les apprécier selon une vision temporelle et une analyse multicritère**. Les résultats ont ensuite été discutés en interne, confrontés à l'évaluation des experts du groupe miroir⁶ (par l'intermédiaire d'un questionnaire) mais également homogénéisés par les consultants (en raison d'une appréciation des niveaux d'impacts parfois différente entre les experts).

Il n'existe donc pas de méthodologie « miracle » pour établir cette hiérarchisation. Toutefois, les outils retenus permettent d'aider à la construction d'une vision transversale et d'une hiérarchisation des vulnérabilités. Les principaux résultats sont exposés ci-après.

3.3.1 Une vision temporelle des impacts

Le tableau suivant synthétise les principaux impacts du changement climatique identifiés dans les fiches thématiques en les positionnant selon les différents pas de temps (en fonction des projections) et en fonction du degré d'augmentation des températures. Il permet de visualiser rapidement les principales vulnérabilités et de les hiérarchiser en fonction de leur gravité.

⁶ Groupe miroir : groupe d'experts wallons – essentiellement du SPW – tenu informé de l'avancement de la mission et pouvant apporter son expertise ponctuellement.

Projections humides	2030		2050		2085			
Projections moyennes	2030		2050		2085			
Projections sèches	2030			2050		2085		
Hausse Températures (°C)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Agriculture	↗ du risque d'érosion							
	variabilité de la production cultures et élevages (↗ de la fréquence des événements extrêmes)							
	↗ de la pression des maladies, parasites, adventices et épisodes d'invasions							
	↗ des besoins en eau et risque de stress hydrique							
Aménagement du territoire / infrastructures	↗ des rendements ou production Facteurs limitants (photopériode, eau, fertilité) et inversion de la tendance?							
	↗ du risque d'inondation							
	Risque de perturbation du transport par voies navigables (étiages + importants)							
	Impact des canicules et amplification par les îlots de chaleur							
Forêts	Retrait-gonflement d'argile							
	Risque karstique							
	Dégâts liés à une éventuelle augmentation des tempêtes							
	Modifications des aires de distribution des espèces forestières (grave pour la production bois)							
Biodiversité	Amplification des invasions							
	↗ de dégâts liés aux aléas climatiques (feux, risque gel...)							
	↗ de la fréquence des pullulations							
	↗ de la croissance puis limitation de l'augmentation due à la fertilité du sol et à la sécheresse							
Energie	Modifications de la phénologie							
	Pressions supplémentaires sur les milieux déjà fragilisés (milieux tourbeux ...)							
	Modifications des aires de distribution							
	Amplification des invasions							
Santé	↗ de la consommation énergétique (chaîne du froid/ climatisation en été)							
	Intégrité et capacité des installations de production et de transport							
	Problème de refroidissement des centrales électriques 1							
	Gestion réseau et consommation électrique 2							
Ressources en eau	↘ de la consommation énergétique liée au chauffage							
	Modifications saisonnières des productions photovoltaïques, éoliennes et hydrauliques et de la productivité de la biomasse énergie							
	↗ de la mortalité par canicule et des maladies liées à la contamination alimentaire							
	↗ des maladies respiratoires et allergies (pollens..)							
Légende	↘ de la mortalité en hiver							
	↗ des maladies vectorielles							
	↗ des maladies liées à la contamination de l'eau							
	Pollution des nappes par lessivage							
Légende	Dégradation de la qualité des eaux de surface (inondations, ruissellement, étiages)							
	Abaissement des nappes en été							
	très grave				impact difficile à apprécier			
graves				1. Modification du parc (fermeture complète programmée de Tihange en 2025) devrait fortement diminuer la pression sur les eaux de surface. Attention: le risque existe aussi dans les parcs interconnectés concerne directement la Wallonie.				
peu grave				2. Modification du parc engendrera une modification des modes de gestion de l'électricité (coûts très importants)				
opportunités								

3.3.2 La hiérarchisation des impacts par thématique

Les 7 dossiers sectoriels retenus pour l'étude wallonne font l'objet d'une hiérarchisation de leurs impacts. La hiérarchisation suppose la définition préalable de critères. Les différents impacts peuvent d'ailleurs se hiérarchiser de façon différente selon les critères considérés. Sont répertoriés à la fois les impacts à caractère négatif ou positif pour chacune des thématiques.

Il convient de détailler l'ensemble des critères retenus.

Critères relatifs aux impacts

- **Menace/opportunité** : on recense ici les impacts qu'ils soient positifs ou négatifs
- **Phénomènes naturels** : il s'agit d'identifier les paramètres climatiques clés en lien avec l'impact tels que l'évolution des températures (T°), des précipitations (P), du nombre de jours secs consécutifs... Il se peut que les phénomènes soient trop nombreux pour être détaillés. Dans ce cas, on fera référence au changement climatique en général (CC).

Critères relatifs à la connaissance et à la finesse d'évaluation des impacts :

- **Degré de probabilité** : probabilité d'occurrence de l'impact (ex : il est très probable qu'il y aura un accroissement du phénomène d'inondations avec l'augmentation des précipitations et des pluies intenses en automne et en hiver).
- **Degré de connaissance** : il s'agit de pointer les impacts qui nécessitent des besoins de recherche afin d'améliorer la finesse de l'évaluation.
- **Lien avec le changement climatique** : il convient d'apprécier la relation de l'impact au changement climatique, certains impacts pouvant également dépendre d'autres facteurs moins en lien avec la problématique (ex : risque lié à la gestion du réseau électrique en raison d'une modification du parc de distribution).

Critères relatifs à la vulnérabilité de la Wallonie par rapport aux impacts identifiés

- **Degré de gravité** : on évalue ici la gravité de l'impact au regard de ses conséquences potentielles sur le secteur considéré.
- **Urgence de la prise en charge** : certains impacts nécessitent une prise en charge rapprochée, que les effets attendus se ressentent d'ailleurs à court, moyen ou plus long termes. On pense par exemple aux actions relatives à l'aménagement du territoire face à l'augmentation des canicules ou du risque d'inondations, qui engagent l'avenir jusqu'à la fin de siècle et même au-delà. C'est dans ce sens qu'il y a urgence. En revanche, il peut paraître raisonnable d'avoir une meilleure évaluation des impacts avant de s'engager dans les stratégies prenant à bras le corps le problème, là où les connaissances manquent (par exemple sur les dommages aux infrastructures liés à une éventuelle augmentation des tempêtes). Dans de tels cas une démarche séquentielle s'impose et dans notre tableau on affichera alors à degré d'urgence moindre.

- **Etendue du territoire concernée** : certains impacts peuvent toucher tout le territoire wallon alors que d'autres seront beaucoup plus localisés (comme le risque retrait-gonflement d'argile par exemple).
- **Existence d'opportunités positives** : il s'agira de mettre en relief l'existence d'effets bénéfiques si il y en a, pour le secteur concerné (ex : l'allongement de la période de croissance végétative pour le secteur agricole).

Critères relatifs à la prise en charge des impacts

- **Niveau de sensibilité des acteurs** : on vise ici à apprécier au niveau de la région le degré général de prise de conscience dans la société de l'impact potentiel considéré.
- **Compétence de la région wallonne** : il s'agira d'évaluer, dans la mesure du possible, si la prise en charge de l'impact relève d'une compétence exclusivement régionale, nationale ou partagée.
- **Niveau de prise en charge actuelle** : Ce critère vise à pointer les impacts qui font actuellement l'objet d'un déficit de prise en charge et à contrario ceux qui sont déjà plutôt bien intégrés dans les plans wallons.

Lecture des tableaux

Les tableaux sont destinés à identifier des vulnérabilités marquantes au sein de chaque secteur et n'ont pas vocation à être comparés.

En effet, le nombre d'impacts identifiés pour chacune des thématiques ne permet pas de dire que tel ou tel secteur est prioritaire. Certains secteurs se prêtent simplement mieux à une vue synthétique (biodiversité) que d'autres (agriculture). On peut par exemple avoir beaucoup d'impacts peu graves ou positifs pour un secteur et peu d'impacts néanmoins très importants pour un autre.

Il n'a pas été possible ni même jugé utile de supprimer des impacts pour homogénéiser les tableaux car une partie de la richesse de l'analyse aurait alors été perdue.

L'identification de vulnérabilités marquantes au sein de chaque secteur participe à la définition des grands enjeux transversaux.

Les impacts sur l'agriculture

Impacts		Connaissance des impacts			Vulnérabilité de la Wallonie				Prise en charge actuelle / potentielle			
Menaces ou opportunités	Phénomènes naturels associés	degré de probabilité	degré de connaissance	Lien avec le CC	Degré de gravité pour la Wallonie	Urgence de la prise en charge (pas de temps)	Etendue du territoire concerné	Existence d'opportunités positives	Niveau de sensibilité des acteurs	Compétence de la région Wallonne	Niveau de prise en charge actuelle	
Erosion des sols (baisse de la fertilité)	hausse des P intenses et des sécheresses											
Impact des canicules sur les cultures végétales et l'élevage	vagues de chaleur											
Variabilité des rendements due à une agmentation des parasites, maladies, adventices	hausse des T° et de la pluviosité											
Effets de la baisse de la disponibilité en eau sur les rendements et techniques de production	hausse du nb de jours secs consécutifs et des T°											
Allongement de la période de croissance végétative	hausse des T°											
Recharge des nappes positive / augmentation du potentiel de rendement	augmentation volume des P hivernales											
Inondations	augmentation des P intenses											
Augmentation des rendements	hausse des T° et CO2											
Risque de gel tardif ou précoce	hausse des T°											
Légende		très probable	faible	très probable	très fort	très rapprochée	tout le territoire	beaucoup	très fort	exclusive	faible	
		probable	bon	probable	fort	rapprochée	plusieurs régions	un peu	fort	partagée	bon	
		peu probable	très bon	peu probable	moyen	éloignée	une seule région	pas du tout	faible	nationale	très bon	
		incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain
		sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet

Les impacts sur les infrastructures et sur le territoire

Impacts		Connaissance des impacts			Vulnérabilité de la Wallonie				Prise en charge actuelle / potentielle			
Menaces ou opportunités	Phénomènes naturels associés	degré de probabilité	degré de connaissance	Lien avec le CC	Degré de gravité pour la Wallonie	Urgence de la prise en charge (pas de temps)	Etendue du territoire concerné	Existence d'opportunités positives	Niveau de sensibilité des acteurs	Compétence de la région Wallonne	Niveau de prise en charge actuelle	
Hausse du risque inondation	augmentation volume et intensité P automne et hiver											
Risque de perturbation de la navigation en période d'étiage	diminution du volume des P / hausse des T°											
Amplification des effets d'îlots de chaleur urbains	vagues de chaleur											
Endommagement des voies de transport (rail) par dilatation	vagues de chaleur											
Retrait-gonflement d'argile	vagues de chaleur											
Risque karstique	augmentation volume et saisonnalité des P											
Endommagement des infrastructures en raison de tempêtes	augmentation fréquence des tempêtes ?											
Légende		très probable	faible	très probable	très fort	très rapprochée	tout le territoire	beaucoup	très fort	exclusive	faible	
		probable	bon	probable	fort	rapprochée	plusieurs régions	un peu	fort	partagée	bon	
		peu probable	très bon	peu probable	moyen	éloignée	une seule région	pas du tout	faible	nationale	très bon	
		incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain
		sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet

Les impacts sur les forêts et la sylviculture

Impacts		Connaissance des impacts			Vulnérabilité de la Wallonie				Prise en charge actuelle / potentielle			
Menaces ou opportunités	Phénomènes naturels associés	degré de probabilité	degré de connaissance	Lien avec le CC	Degré de gravité pour la Wallonie	Urgence de la prise en charge (pas de temps)	Etendue du territoire concerné	Existence d'opportunités positives	Niveau de sensibilité des acteurs	Compétence de la région Wallonne	Niveau de prise en charge actuelle	
Modifications des aires de distribution	CC en général											
Augmentation de la fréquence des pullulations	hausse des T°/ aléas climatiques											
Augmentation des dégâts liés aux aléas climatiques (risque gel, feux de forêt..)	T°/P/ tempêtes											
Amplification des invasions	hausse des T°											
Modifications de la phénologie	hausse des T°											
Augmentation de la production de bois	concentration en CO ₂ /P											
Légende		très probable	faible	très probable	très fort	très rapprochée	tout le territoire	beaucoup	très fort	exclusive	faible	
		probable	bon	probable	fort	rapprochée	plusieurs régions	un peu	fort	partagée	bon	
		peu probable	très bon	peu probable	moyen	éloignée	une seule région	pas du tout	faible	nationale	très bon	
		incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain
		sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet

Les impacts sur la biodiversité

Impacts		Connaissance des impacts			Vulnérabilité de la Wallonie				Prise en charge actuelle / potentielle			
Menaces ou opportunités	Phénomènes naturels associés	degré de probabilité	degré de connaissance	Lien avec le CC	Degré de gravité pour la Wallonie	Urgence de la prise en charge (pas de temps)	Etendue du territoire concerné	Existence d'opportunités positives	Niveau de sensibilité des acteurs	Compétence de la région Wallonne	Niveau de prise en charge actuelle	
Augmentation des pressions sur des écosystèmes déjà fragilisés et fragmentés	CC en général											
Modifications des aires de distribution	CC en général											
Amplification des invasions	hausse des T°											
Modifications de la phénologie	hausse des T°											
Légende		très probable	faible	très probable	très fort	très rapprochée	tout le territoire	beaucoup	très fort	exclusive	faible	
		probable	bon	probable	fort	rapprochée	plusieurs régions	un peu	fort	partagée	bon	
		peu probable	très bon	peu probable	moyen	éloignée	une seule région	pas du tout	faible	nationale	très bon	
		incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain
		sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet

Les impacts sur la santé

Impacts		Connaissance des impacts			Vulnérabilité de la Wallonie				Prise en charge actuelle / potentielle			
Menaces ou opportunités	Phénomènes naturels associés	degré de probabilité	degré de connaissance	Lien avec le CC	Degré de gravité pour la Wallonie	Urgence de la prise en charge (pas de temps)	Etendue du territoire concerné	Existence d'opportunités positives	Niveau de sensibilité des acteurs	Compétence de la région Wallonne	Niveau de prise en charge actuelle	
Hausse de la mortalité par canicule	hausse des T° estivales											
Maladies liées à la qualité de l'air (allergies, maladies respiratoires)	hausse des T° estivales, humidité											
Risque sanitaire du à la contamination alimentaire (algues, bactéries)	hausse des T° hausse des P											
Développement des maladies liés à la qualité de l'eau	hausse des T° estivales augmentation des P											
Développement des maladies à vecteur	hausse de l'humidité / hausse des T°											
Légende		très probable	faible	très probable	très fort	très rapprochée	tout le territoire	beaucoup	très fort	exclusive	faible	
		probable	bon	probable	fort	rapprochée	plusieurs régions	un peu	fort	partagée	bon	
		peu probable	très bon	peu probable	moyen	éloignée	une seule région	pas du tout	faible	nationale	très bon	
		incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain
		sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet

Les impacts sur les ressources en eau

Impacts		Connaissance des impacts			Vulnérabilité de la Wallonie				Prise en charge actuelle / potentielle		
Menaces ou opportunités	Phénomènes naturels associés	degré de probabilité	degré de connaissance	Lien avec le CC	Degré de gravité pour la Wallonie	Urgence de la prise en charge (pas de temps)	Etendue du territoire concerné	Existence d'opportunités positives	Niveau de sensibilité des acteurs	Compétence de la région Wallonne	Niveau de prise en charge actuelle
Pollutions des nappes par lessivage (surtout) ou remontée de nappe ou effondrement karstique	augmentation du volume des P en hiver et en automne										
Pollutions des cours d'eau consécutives aux ruissellement et aux inondations	augmentation des P saisonnières / fq/ intensité frites pluies										
Etiages importants et détériorations de la qualité des eaux de surface	augmentation des T° et sécheresse estivale										
Abaissement des nappes en été	Augmentation des T° et sécheresse estivales										
Légende		très probable	faible	très probable	très fort	très rapprochée	tout le territoire	beaucoup	très fort	exclusive	faible
		probable	bon	probable	fort	rapprochée	plusieurs régions	un peu	fort	partagée	bon
		peu probable	très bon	peu probable	moyen	éloignée	une seule région	pas du tout	faible	nationale	très bon
		incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain
		sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet

Les impacts sur l'énergie

Impacts		Connaissance des impacts			Vulnérabilité de la Wallonie				Prise en charge actuelle / potentielle			
Menaces ou opportunités	Phénomènes naturels associés	degré de probabilité	degré de connaissance	Lien avec le CC	Degré de gravité pour la Wallonie	Urgence de la prise en charge (pas de temps)	Etendue du territoire concerné	Existence d'opportunités positives	Niveau de sensibilité des acteurs	Compétence de la région Wallonne	Niveau de prise en charge actuelle	
Risques liés à la gestion du réseau (< modification du parc de production)	tous, indirectement (adaptation à l'atténuation)											
Hausse de la consommation énergétique liée au refroidissement en été	augmentation du nombre de journées d'été											
Refroidissement des centrales électriques nucléaires et à flamme	baisse des P/ hausse de la T et fortes chaleurs estivales											
Intégrité et capacité des installations de production et de transports	canicules, tempêtes											
Baisse de la consommation énergétique liée au chauffage	baisse annuelle du nombre de degrés-jours en base 17											
Modification du potentiel de culture de biomasse-énergie	voir foresterie											
Modification de la production éolienne	Vitesse moyenne du vent (saisonnière)											
Modification de la production photovoltaïque	températures moyennes et extrêmes, nébulosité											
Modification de la production hydraulique	répartition et quantité des précipitations	non traité										
Légende		très probable	faible	très probable	très fort	très rapprochée	tout le territoire	beaucoup	très fort	exclusive	faible	
		probable	bon	probable	fort	rapprochée	plusieurs régions	un peu	fort	partagée	bon	
		peu probable	très bon	peu probable	moyen	éloignée	une seule région	pas du tout	faible	nationale	très bon	
		incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain	incertain
		sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet

3.4 Les vulnérabilités marquantes pour la Wallonie : une vision transversale

L'identification des vulnérabilités clés sur le territoire wallon nécessite d'analyser de manière transversale les hiérarchisations sectorielles effectuées précédemment. La définition de la vulnérabilité doit également être rappelée : **c'est le degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes**. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation (GIEC, 2007).

3.4.1 Des impacts mieux appréciés que d'autres

Parmi les impacts **plutôt bien identifiés (critères « connaissance des impacts » de notre grille d'analyse)** et fortement liés aux certitudes quant aux tendances de certains aléas climatiques (augmentation des pluies intenses hivernales, canicules estivales, augmentation généralisée de la température...) on notera notamment:

- **l'augmentation de l'érosion des sols** en raison de la hausse des précipitations intenses et des sécheresses attendues
- **une augmentation du stress thermique et hydrique pour certaines cultures**
- **l'allongement de la période de croissance végétative** due à la hausse des températures à court et moyen terme
- **la hausse annoncée des inondations en période hivernale** (élévation du volume et de l'intensité des précipitations à cette période)
- **la modification des aires de distribution et de la phénologie des espèces (y compris forestières)** engendrée par le réchauffement généralisé
- **la hausse de la mortalité par canicule**
- **une baisse des débits d'étiage accompagnée potentiellement d'une dégradation de la qualité des eaux de surface** (augmentation des températures et des sécheresses estivales)
- **la baisse de la consommation énergétique liée aux besoins de chauffage en hiver** (hausse des températures hivernales) et une hausse en été à fin de refroidissement et de climatisation

D'autres impacts, en revanche sont jugés plus incertains en raison du manque de connaissance sur **l'évolution ou l'occurrence de certains paramètres climatiques**. On pense par exemple à :

- **l'augmentation des dégâts sur les infrastructures ou sur les peuplements forestiers** en raison d'une hausse éventuelle de la fréquence des tempêtes, coups de froids...
- **la modification de la productivité du photovoltaïque** pouvant être engendrée par des évolutions de la nébulosité, peu connues aujourd'hui

D'autres impacts nécessitent, même si ils sont pressentis, des recherches approfondies pour améliorer la finesse de l'évaluation et le degré de gravité du phénomène associé. On notera parmi eux :

- **l'augmentation du risque karstique** et son lien avec le changement climatique
- **l'amplification du phénomène d'îlot de chaleur urbain** (en raison d'une densité du bâti beaucoup plus faible en Belgique que dans certaines villes d'Europe)
- **le développement des maladies à vecteur**
- **les modifications de productivité des différentes sources d'énergies renouvelables engendrées par le changement climatique**
- **l'abaissement des nappes en période estivale**

3.4.2 Des opportunités limitées à un réchauffement modéré

Le changement climatique apportera certaines opportunités qu'il convient toutefois de nuancer.

A court et moyen terme, **le secteur agricole** pourrait voir dans son ensemble ses rendements augmenter en raison d'un allongement de la période de croissance végétative, de températures plus élevées et d'une plus grande concentration de CO₂ dans l'atmosphère. **L'élevage** devrait être également favorisé et les prairies moins affectées par le changement climatique. **Le secteur horticole** devrait lui aussi bénéficier d'une réduction des coûts de la production en intérieur et d'une plus large gamme de cultures horticoles pouvant être cultivées à l'extérieur.

Le changement climatique devrait également stimuler la croissance forestière, et donc la production de bois.

Toutefois, **à plus long terme**, un certain nombre de facteurs limitant pour ces deux secteurs devrait freiner les effets bénéfiques (passé 2°C d'augmentation des températures) et on pourrait alors assister à une inversion des tendances.

En termes de santé, on pourrait observer **une baisse de la mortalité hivernale** en raison du réchauffement attendu. En revanche celle-ci pourrait s'accroître en période estivale et faire augmenter à terme la mortalité moyenne de par l'élévation du nombre de jours de vagues de chaleurs.

Parmi les autres opportunités identifiées, **on notera également la baisse de la consommation énergétique liée aux besoins de chauffage** (hausse des températures). Toutefois, ce bénéfice pourrait être contrecarré par une augmentation de la consommation estivale à des fins de refroidissement et de climatisation.

3.4.3 Des vulnérabilités clés pour le territoire wallon

Une fois croisés les différents critères de notre analyse, il est possible d'identifier un certain nombre de risques prioritaires pour la Wallonie, avec quelques précautions méthodologiques :

- cette hiérarchisation, si elle s'appuie sur une analyse multicritère, n'est pas une notation proprement dite, et il subsiste toujours une part de subjectivité dans l'appréciation de tel ou tel risque ;

- plutôt que d'une approche unique, il nous semble que c'est du croisement des regards (experts, groupe miroir, SPW...) que ressort une vision consensuelle sur les priorités ;
- certains des risques sont dans la liste ci-dessous parfois parce qu'ils sont graves et très probables (premier groupe de critère), parfois parce que la Wallonie y est très vulnérable (deuxième groupe), parce qu'ils sont mal pris en charge actuellement (troisième groupe), parfois pour un cumul de ces raisons.

Les risques liés à l'eau

- Le risque inondation

Le territoire wallon est particulièrement sensible à l'aléa inondation (**6% du territoire en zone d'aléa dont 1% en zone d'aléa sévère**), qui peut **engendrer des dommages considérables aux immeubles et infrastructures**. Une récurrence élevée d'inondations majeures a par ailleurs été observée récemment (IRM). Les dernières remontent à 2010 et 2011. A titre d'exemple un document du centre régional de crise estime les coûts des inondations de 2010 à 95.551.240 euros dont un tiers serait à la seule charge de la commune de Tubize. La vulnérabilité de la Wallonie à cet aléa est en grande partie due à l'imperméabilisation croissante des sols, la disparition des zones naturelles de débordements, la vétusté et le dimensionnement de l'évacuation des eaux, autant de facteurs indirects sur lesquels il sera nécessaire d'agir en vue de l'augmentation projetée du risque.

Le risque inondation devrait s'accroître en raison des fortes probabilités d'augmentation du volume de précipitations et de l'intensité des pluies hivernales. Il convient donc d'accorder une attention toute particulière à ce risque compte tenu des dégâts et coûts très importants qu'il est susceptible d'engendrer. L'adaptation mérite d'être pensée ici sur le long terme notamment en termes de planification urbaine (limitation de l'étalement...).

- Le risque d'érosion des sols

Les pertes en sol ont augmenté ces dernières décennies en région Wallonne. Ce constat s'explique surtout par l'augmentation de l'érosivité des pluies qui est liée à l'augmentation de la quantité moyenne annuelle des précipitations (hausse de l'ordre de 20% entre 1951 et 2005 pour différentes stations de mesure en Région wallonne). **Certains sols tels ceux de la région Limoneuse** (pratiques agricoles intensives) ont par ailleurs vu leur teneur en carbone organique largement diminuer. Des diminutions de rendements ont par ailleurs été observées en raison de fortes pluies et de sécheresses. Les augmentations projetées de la fréquence et de l'intensité des précipitations en hiver accentueront le phénomène d'érosion hydrique et donc la vulnérabilité même du secteur notamment agricole. De même, l'augmentation attendue de la durée des sécheresses exacerbera l'érosion des sols en réduisant la couverture végétale. **Les cultures sarclées et les sols nus seront particulièrement vulnérables.** Compte tenu de la gravité potentielle de ce risque (un sol érodé est souvent un sol perdu à jamais), les adaptations devront, notamment dans le secteur agricole, être anticipées car elles ne se feront pas nécessairement de manière spontanée.

- Des risques d'étiages plus importants et d'une pollution accrue des cours d'eau

Les modèles projettent une diminution progressive des volumes des précipitations en été qui se combine à une élévation des températures à cette même période. La conséquence de tels changements serait **l'augmentation de l'évapotranspiration**. La combinaison de celle-ci avec la diminution projetée du volume des précipitations durant cette même période se traduit par un **risque d'étiages plus importants. Le bassin de la Meuse est particulièrement vulnérable à cette évolution.** L'analyse des séries historiques

sur ce bassin (projet AMICE) montre que les mois d'août, septembre et octobre ont été les plus soumis à des situations de stress hydrique au cours du siècle écoulé. Les projections développées par la suite amplifieraient cette tendance, avec une diminution très significative des débits de la Meuse entre juillet et octobre (moins de 50m³/s de moyenne en août, septembre et octobre, contre plus de 100 m³/s actuellement) pour la fin du siècle. **Il n'est toutefois pas impossible que les pressions externes sur la ressource en raison de fortes chaleurs (ex : besoins du secteur énergétique) pèsent au final plus que les effets même de la chaleur sur la ressource.**

Des pénuries d'eau de refroidissement pour les centrales thermiques à flamme et les réacteurs nucléaires en Wallonie se posent, au moins surtout pour la période allant jusqu'à 2025, date de fermeture du dernier réacteur de Tihange. Après 2025, le risque pourrait ne pas s'estomper en raison d'un accroissement des vulnérabilités portant cette fois-ci sur les parcs interconnectés qui menacerait alors l'approvisionnement électrique et/ou entraînerait une pollution accrue des eaux de surface. De même, dans l'hypothèse d'un recours à des centrales thermiques dotées de la technologie « CCS », les pressions sur les eaux de surface pourraient fortement s'aggraver.

Outre les menaces en termes d'approvisionnement énergétique et de pollution des eaux, l'augmentation de ces risques pourraient à terme engendrer des perturbations voire des interruptions de la navigation, comme cela a été observé dans d'autres pays (Rhin, Loire et Danube lors des sécheresses de 2003).

Les choix énergétiques et le contrôle de l'eau nécessiteront d'être gérée dans une optique de changement climatique engageant le long terme.

Les risques en lien avec la chaleur estivale

- **Le risque sanitaire lié à la chaleur estivale et l'amplification (potentielle) de l'îlot de chaleur urbain**

Le risque de canicule est aujourd'hui relativement faible en Wallonie. Toutefois, l'augmentation des températures minimales et maximales, l'élévation du nombre de jours de vagues de chaleur estivales aura pour effet direct **d'augmenter la mortalité en été en particulier parmi les personnes à risque** telles que les **personnes âgées** (problèmes cardiovasculaires et problèmes respiratoires) et **notamment dans les villes**. De même, les personnes à risque pourraient être plus nombreuses en raison du vieillissement annoncé de la population, ce qui engendrerait indirectement une vulnérabilité supplémentaire. **Même si des incertitudes persistent sur la vitesse du réchauffement et la fréquence et l'intensité des épisodes caniculaires**, l'expérience d'événements passés montrent que la Wallonie peut être sensible à ce risque (selon les observations de la canicule de 2003, une augmentation de la mortalité de 4% a été observée en Belgique) et qu'une prise en compte du changement climatique dans les politiques sanitaires est plus que nécessaire pour anticiper et réduire sa vulnérabilité aux fortes chaleurs attendues, d'autant plus qu'une adaptation réactive (exemple : hausse de la climatisation) serait susceptible d'avoir des répercussions négatives sur les objectifs d'atténuation et ne ferait, à terme, qu'accentuer le problème. **De même certains risques tels que les intoxications alimentaires (fortes chaleurs estivales) et les maladies dues aux pollens (réchauffement en général) devraient s'accroître.**

L'augmentation des vagues de chaleur devrait avoir des conséquences directes sur les villes wallonnes par un effet d'amplification du phénomène d'îlot de chaleur urbain. L'intensité de l'îlot de chaleur dépend bien entendu des saisons et des conditions météorologiques. **Il dépend également du rapport entre surfaces minérales et espaces verts, de la densité du bâti**, de la morphologie urbaine ou encore des conditions géographiques locales (Dahech et al, 2006). Or les villes wallonnes ont une structure plutôt protectrice à ce sujet. La qualité de l'isolation ainsi que l'albédo des matériaux

influencent quant à eux la vulnérabilité à l'échelle de l'habitation. Or **le niveau de l'isolation du parc de logement wallon est mauvais**. Moins d'un quart des toitures du parc de logement peuvent être considérées comme disposant d'une isolation réelle (Smoos, 2008). L'impact des îlots de chaleur mérite d'être nuancé compte tenu de l'urbanisme des villes belges (taille, urbanisme diffus, espaces verts importants...).

Les risques en lien avec la dégradation des écosystèmes et agrosystèmes

- Un risque de déclin de la biodiversité

La Wallonie est particulièrement touchée par la fragmentation des habitats ce qui constitue une grande menace pour le déplacement des espèces. Cette fragmentation des habitats est essentiellement due à la progression de l'urbanisation ces 20 dernières années, particulièrement importante au nord du sillon Sambre et Meuse (Godin et al. 2007) mais aussi à des pratiques agricoles et sylvicoles non adaptées (TBE 2010). **Cette fragmentation constituera une lourde menace dans la translation des aires de distribution des espèces attendue par les changements climatiques**, d'autant plus grande que le réchauffement sera important (incapacité pour certaines espèces de migrer en cas d'élévation rapide des températures). Les milieux particulièrement affectés seront les milieux ouverts déjà particulièrement dégradés (exemple **des pelouses calcaires dans la région de la Calestienne** dont la surface totale d'habitat a diminué de 87%) et certains habitats pourraient même être amenés à disparaître (milieux tourbeux notamment). Améliorer la connectivité des habitats naturels et augmenter leur surface permet de donner plus d'opportunités aux espèces d'effectuer un déplacement. Cette adaptation ne se fera néanmoins pas de manière spontanée et nécessite par conséquent une prise en charge très rapprochée et une valorisation des services rendus par la biodiversité aux autres secteurs (la perte de biodiversité ne se mesurant par seulement en terme de valeur intrinsèque mais aussi en terme de services rendus).

- Un risque de mal adaptation de certaines forêts et cultures au changement climatique

Tout comme pour la biodiversité, certaines forêts et cultures pourraient être menacées par un réchauffement trop rapide. **Des périodes de sécheresses plus fréquentes pourraient par exemple être défavorables au hêtre**, une des principales essences de production alors certaines cultures végétales pourraient être aussi affectées (**cultures intensives en eau comme le maïs**) ou sensibles à la température (**Raygrass**). Les adaptations tant dans le domaine forestier que sur certaines cultures devront s'envisager dans une perspective d'adaptation au climat futur car elles ne se feront pas de manière spontanée.

- Un risque de sensibilité accrue des agrosystèmes aux invasions et aléas climatiques (feux de forêts notamment)

Certains peuplements et cultures pourraient être plus sensibles à l'augmentation des aléas climatiques (pluies extrêmes, feux de forêts notamment) mais aussi à l'augmentation des invasions. Cela pourrait engendrer une variabilité accrue des rendements pour les agriculteurs et exploitants. Les impacts socio-économiques ne doivent pas être sous-estimés.

Les risques en lien avec la problématique de l'atténuation

Les mutations du système de production électrique à court terme (passage d'un système centralisé fortement basé sur les énergies nucléaire et fossile à un système décentralisé dominé à terme par les énergies renouvelables) **motivées essentiellement par le changement climatique, nécessiteront une adaptation de très grande envergure tant en terme d'infrastructure** (dimensionnement et gestion des réseaux de transport, capacité de production...) que de changements des modes de consommation, notamment

électrique. Ces changements devront s'opérer en prenant en compte les impacts climatiques à l'œuvre et pas seulement la problématique d'atténuation. Outre les changements majeurs de réseau, la Wallonie sera très probablement confrontée à une hausse de la demande énergétique (et notamment électrique) à des fins de refroidissement et de climatisation pendant les mois chauds. Une maladaptation à cet impact est susceptible d'augmenter la vulnérabilité du secteur (tensions accrues du réseau / augmentation des émissions de GES si l'adaptation se fait de manière réactive).

3.4.4 La prise en charge actuelle et potentielle des vulnérabilités

L'organisation institutionnelle

La démarche d'adaptation aux vulnérabilités observées et pressenties a commencé à se mettre en place ces dernières années, tant au niveau des régions qu'au niveau national (encadré ci-dessous). La démarche de type bottom-up prédomine en Belgique. Cette structuration de l'adaptation a conduit à la définition de la Stratégie Nationale d'Adaptation au Changement Climatique (Décembre 2010) en relation très étroite avec les différentes régions. Parallèlement, chacune des régions devra initier un plan régional d'adaptation (2011-2012) qui sera par la suite fusionné dans un plan national (2012). La construction de ces différentes stratégies s'appuie également sur une ouverture certaine sur les différentes parties prenantes (consultation des acteurs) et une communication continue au niveau interrégional et fédéral.

L'organisation institutionnelle de l'adaptation

« Afin de garantir une stratégie d'adaptation cohérente et efficace, il est nécessaire d'assurer une bonne communication entre les différents secteurs d'une part et entre les différentes régions d'autre part. C'est la raison pour laquelle différents groupes se sont mis en place. **Au niveau national, un groupe de travail** (dépendant du CCPIE et également mandaté par la Commission Nationale Climat) **suit les discussions européennes et internationales et est chargé de la mise en œuvre de l'adaptation au sein du pays.** Chaque entité belge y est représentée (pour la RW, un agent de l'AWAC) ainsi qu'un représentant de la Politique Scientifique Fédérale (BelSPO) et un représentant du SPF Affaires étrangères, Commerce extérieur et Coopération au Développement.

Au niveau de la Région wallonne, un groupe de contacts s'est mis en place à l'initiative de l'AWAC. Ce groupe a pour buts de collecter les informations sur les actions actuelles des différentes directions qui constituent en pratique des mesures d'adaptation aux changements climatiques, de coordonner une position officielle de la Région wallonne dans le cadre du GT national et de trouver des pistes de réflexion sur les axes prioritaires et les autres stratégies d'adaptation à élaborer ou mettre en œuvre au niveau régional. Au sein de ce groupe sont rassemblés les domaines de l'agriculture, de la foresterie, de la biodiversité, des eaux (de surface et souterraines), de l'air, de la santé publique, de l'aménagement du territoire et du développement rural. Ce groupe a été constitué dans un premier temps de membres de l'administration mais il peut évoluer en réseau en incluant d'autres acteurs. »

http://www.globalementsolidaire.be/IMG/pdf/Adaptation_en_RW.pdf

Les plans et programmes en lien avec la question de l'adaptation

Par ailleurs, face aux vulnérabilités déjà à l'œuvre en Wallonie, plusieurs dispositifs instaurés à différents échelons territoriaux constituent aujourd'hui autant de pistes d'adaptation qu'il faudra évaluer voire renforcer dans une optique de changement climatique. Sont identifiés ci-après les dispositifs existants et les actions associées qui constituent d'utiles bases de départ pour l'adaptation.

Figure 46 : La prise en charge actuelle des vulnérabilités de la Wallonie au climat

Secteurs d'application	Dispositifs existants / Description	Actions relevant de l'adaptation aux vulnérabilités actuelles ou identifiées
PLANS CLES		
Aménagement du territoire / ressources en eau	<p>Législation en matière d'eaux de surface / Plan PLUIES (prévention et lutte contre les inondations et leurs effets sur les sinistrés) du gouvernement Wallon</p> <p>Ce Plan a pour principal objectif de proposer et de faire appliquer un ensemble de mesures transversales et cohérentes ciblées sur les facteurs structurels générateurs de ces dommages. Il s'articule autour de cinq objectifs opérationnels et comprend 30 actions concrètes relevant des 5 domaines de compétence des Ministres en charge du Plan.</p> <p>Deux nouvelles mesures (liées problématiques d'étiages et d'inondations) sont venues s'ajouter en 2008 et visent à renforcer la perspective CC du plan. Elles sont inscrites dans le projet européen AMICE et dans le plan Wallon Air-Climat.</p> <p>La réévaluation du plan PLUIES est attendue en 2015.</p> <p>Le GT Inondation assure la mise en œuvre du plan PLUIES.</p>	<p>Quelques actions dans la lutte contre les inondations :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cartographie des zones d'aléas d'inondation depuis 2007 -Législation adaptée pour les constructions en zone d'inondation (vérification systématique du risque pour chaque permis de construire) -Obligation de placer une citerne à eau de pluie dans chaque nouveau bâtiment
Santé	<p>Plan fédéral vagues de chaleur et pics d'ozone dans le cadre du NEHAP (National Environment and Health Action Plan)</p> <p>Le GT national a proposé en 2007 d'inclure les épisodes de pollution de l'air affectant directement la santé humaine dans le plan.</p>	<p>Quelques actions dans la gestion sanitaire des vagues de chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>phase de vigilance du 15 mai au 30 septembre</i> : renforcement de la sensibilisation du grand public et information des professionnels de santé -<i>lors d'une phase de vigilance renforcée</i> : campagne médiatique, avertissement du ministre, des autorités compétentes et des professionnels de santé -lors d'une phase d'alerte : réunion d'une cellule d'analyse de risque qui décide, évalue et propose un réajustement des actions

Secteurs d'application	Dispositifs existants / Description	Actions relevant de l'adaptation aux vulnérabilités actuelles ou identifiées
PLANS CLES		
multisectoriel	<p>Plan Air Climat Wallon</p> <p>Ce plan rassemble plus de 100 mesures pour répondre au défi climatique et améliorer la qualité de l'air en Région wallonne.</p> <p>Le plan Wallon devrait être fusionné avec le plan Energie dans un plan global intitulé Plan Air Climat Energie durant les années à venir.</p>	<p>Les mesures du plan vont prioritairement vers :</p> <ul style="list-style-type: none"> -La réduction des émissions de GES -L'amélioration de la qualité de l'air -La recherche, la formation et la sensibilité des citoyens <p>Toutefois, un certain nombre de mesures en faveur de l'adaptation sont inscrites (développement du corridor écologique, inclusion de mesures supplémentaires pour le plan PLUIES en faveur de l'adaptation au risque d'inondation dans une perspective de CC).</p>
PROGRAMMES CLES		
Agriculture	<p>Système d'aide d'Investissement dans le secteur agricole (ISA)</p> <p>Ce système comprend des aides financières pour des investissements relatifs à la prise en compte des aspects environnementaux et climatiques sur les exploitations.</p>	<p>Quelques actions :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Adaptation des bâtiments -Contrôle des maladies dans les schémas de lutte intégrée -Réévaluation des systèmes de gestion de l'eau et des eaux usées
Agriculture	<p>Programme agro-environnemental (méthodes MAE) comporte des mesures volontaires pour répondre voire anticiper les conséquences de certains phénomènes climatiques extrêmes ou contrecarrer leur amplitude.</p> <p>La Cellule GISER apporte son expertise dans la quantification des risques au niveau des bassins versants et du parcellaire agricole.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Mesures pour prévenir l'érosion des sols (haies, tournières enherbées, couverture hivernale des sols) -Mesures pour le maintien et développement de la biodiversité : bandes de parcelles aménagées, tournières enherbées, prairies à haute valeur biologique, préservation des races locales -Mesures pour le maintien des teneurs en carbone des sols : la conditionnalité au respect des dispositions environnementales privilégie déjà le maintien des prairies permanentes

Secteurs d'application	Dispositifs existants / Description	Actions relevant de l'adaptation aux vulnérabilités actuelles ou identifiées
PROGRAMMES CLES		
Agriculture	Programme de Gestion Durable de l'Azote agricole (PGDA) , transposant la Directive Nitrates en Wallonie intègre un ensemble cohérent d'obligations favorables au maintien de l'humus des sols et permet d'éviter l'accumulation de nitrates dans les eaux souterraines ainsi que dans les eaux de surface.	Quelques actions favorisant la bonne gestion des sols et des eaux : -Gestion durable de la matière organique via la liaison au sol -Couvertures hivernales des sols,...
Forêt	Nouveau Code Forestier Wallon Le code propose des mesures en faveur de l'adaptation du changement climatique et permettant d'accroître la capacité de stockage en CO2 des forêts. Le GT forêt a par ailleurs travaillé sur les impacts des changements climatiques en vue de fournir des recommandations aux décideurs, propriétaires et gestionnaires de forêts les écosystèmes forestiers wallons.	Quelques actions favorisant l'adaptation de la forêt : -Limitation du drainage et obligation de planter des essences adaptées aux stations, -Promotion d'un couvert continu -Promotion de la diversité des espèces, ...
Biodiversité	Programme de restauration du réseau écologique et du développement de la nature Plusieurs programmes (de l'échelle européenne à l'échelle communale) visent à enrayer la perte, la fragmentation des habitats et l'isolement des espèces par la restauration d'un réseau de sites naturels protégés interconnectés. D'autres favorisent par ailleurs le développement de la biodiversité	Les principaux leviers d'actions : -les sites Natura 2000 ; -le Programme LIFE pour la nature -les périmètres complémentaires non retenus par le Gouvernement wallon pour faire partie du réseau Natura 2000 -les sites de grand intérêt biologique (SGIB) renseignés par les naturalistes et l'Administration dans le cadre de différents travaux et conventions d'études -les sites naturels protégés (RND, RNA, RF, ZHIB et CSIS) (compris dans les SGIB) -les Plans communaux de développement de la nature (PCDN) -les parcs naturels -les conventions "Bords de routes" et "Combles et clochers".

Source : D'après la Stratégie Nationale d'adaptation de la Belgique et le Tableau de Bord de l'environnement wallon (2010)

La contribution de la recherche

Consciente par ailleurs de sa vulnérabilité au changement climatique à venir, la région wallonne suit, participe et/ou finance un certain nombre de programmes de recherche (dont certains résultats partiels figurent dans les fiches sectorielles). Parmi ces projets qui contribuent à améliorer les connaissances fondamentales ou appliquées et peuvent fournir d'utiles aides à l'adaptation dans les différents secteurs wallons à l'étude, on notera.

Au niveau européen :

- **les programmes relatifs à la connaissance des impacts multisectoriels du CC (notamment sur les ressources en eau)** tels que les projets interreg AMICE-2009/2012 (Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions et SCALDWIN-2009/2012 (relatif à la gestion transfrontalière de la nappe aquifère du Carbonifère partagée avec la France) ;
- **le projet interreg FUTURE CITIES (2009-2012)** qui vise à développer l'adaptation des villes d'Europe du Nord et de l'Ouest aux impacts attendus du changement climatique (ex. phénomène d'îlots de chaleur urbain).

Au niveau fédéral :

- **le programme AGORA** qui vise notamment à développer une base de données sur les relations entre changement climatique et santé publique ;
- **les projets de recherche relatifs à la biodiversité dans son lien avec le CC coordonnés par la plateforme de la Biodiversité** elle-même financée par le Belpso.

Au niveau de la région wallonne :

- **des programmes destinées à accroître les connaissances fondamentales** et améliorer les outils d'aide à la décision dans le **domaine forestier** (notamment au travers de l'Accord Cadre sur la Recherche Forestière) ;
- **des programmes relatifs à la modélisation des effets du changement climatique sur les agrosystèmes en Wallonie menés en étroite collaboration avec les universités wallonnes** (Ex : Projet CLimEro en lien avec les CC et l'érosivité de la pluie), **à l'évaluation des stratégies existantes** (Ex : Projet CLIMAGRO en lien avec l'évaluation des mesures agro-environnementales) **ou projetées** (Ex : stratégies de pratiques culturales de la betterave sucrière adaptées au changement climatique : impacts économiques et environnementaux d'un avancement de la date de semis).

Si certains champs de recherche semblent ainsi bien couverts, la mise en évidence de vulnérabilités nouvelles ou accentuées par le changement climatique et dont les impacts n'ont pu être évalués précisément (ex du risque karstique) nécessitera très vraisemblablement d'appuyer ou de mettre en place de nouveaux programmes.

4 L'adaptation de la région wallonne aux changements climatiques

Rappel du nouveau contexte de l'adaptation

La conférence de Copenhague a signifié la fin des espoirs mis dans une régulation globale des émissions, avec une fixation mondiale de niveaux d'émissions et une affectation d'objectifs aux différents pays, ce qui aurait en quelque sorte consisté en une expansion du protocole de Kyoto. On a maintenant affaire à un régime de coordination faibles et ascendante, où chaque pays fixe de manière souveraine ses objectifs.

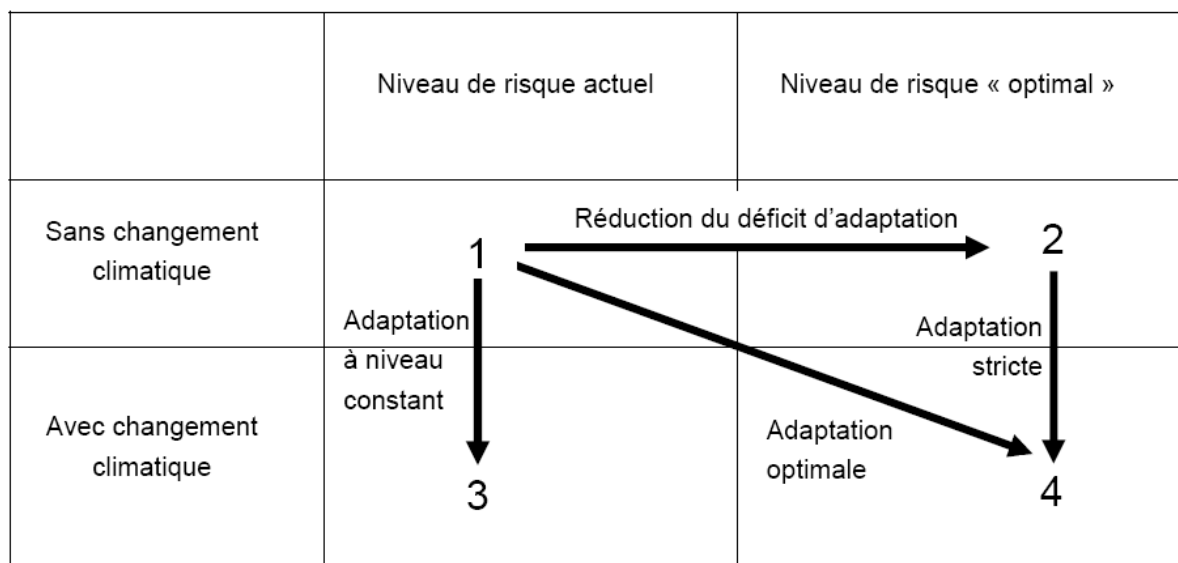
En conséquence si l'on regarde les déclarations d'objectifs transmises par les pays qui l'ont bien voulu on constate qu'il s'agit de réductions de l'ordre de 10 à 15% en 2020 par rapport à 1990. Or pour rester en deçà des 2°C d'augmentation par rapport à l'ère pré industrielle (avec une probabilité de succès de 50%), les travaux du GIEC ont montré qu'à cette échéance c'est une réduction de 25 à 40 % des émissions de ces pays qui serait nécessaire.

Ceci signifie au bout du compte qu'il est sage de se préparer pour la 2^e moitié de ce siècle à une augmentation des températures plutôt de l'ordre de 4 °C que de 2°C, ce qui aurait été difficile à atteindre même avec un accord raisonnable à Copenhague.

Les efforts d'adaptation prévisible sont conditionnés par cette perspective.

Les diverses approches de l'adaptation

L'adaptation peut être abordée de manière large ou restreinte. La première option prend acte du fait que l'état dans lequel nous nous trouvons est souvent loin d'être optimal par rapport aux risques pris avec le climat et qu'un rattrapage serait nécessaire. Une fois cette mise à niveau, se rajoutent les effets de la prise en compte du changement climatique correspondant à la vision restreinte. C'est ce que traduit le schéma ci-dessous.



Source : (De Perthuis, Hallegatte et al. 2010) p.37

On comprend donc que s'adapter uniquement au changement climatique aboutirait à une situation qui resterait largement sous optimale et ne ferait finalement qu'empêcher l'aggravation d'un état des lieux peu satisfaisant.

On peut également distinguer deux types d'adaptations. L'adaptation réactive consiste à traiter ex post les impacts du changement climatique. L'adaptation anticipative, planifiée, consiste au contraire à se préparer aux impacts avant qu'ils ne surviennent.

On constate, dans la plupart des cas, que les décisions réactives sont plus faciles à prendre et à faire accepter par la population que des adaptations anticipatives dont elle ne voit pas toujours la raison d'être ; cependant les premières sont en général beaucoup plus coûteuses et moins efficaces que les secondes.

4.1 Les principes directeurs de la stratégie

Les multiples travaux d'élaboration de stratégies d'adaptation s'accordent sur un certain nombre de principes que nous rappelons :

4.1.1 Une adaptation séquentielle

Les incertitudes sur le niveau de changement climatique induisent que les stratégies et les mesures d'adaptation devront évoluer en fonction des connaissances et de l'évaluation changeante du risque. L'adaptation doit en quelque sorte s'adapter ! Toutefois il est parfois inévitable que, dans certains domaines engageant le très long terme, on doive assumer des décisions en situation d'incertitude (ex infrastructures, forêt...).

4.1.2 S'appuyer sur l'existant pour se projeter dans le futur

Fréquemment nos sociétés sont mal adaptées au climat actuel, ce que rappellent régulièrement les événements extrêmes (ex : inondations, sécheresse, canicule). Elles agissent pour y remédier, ce qui permet d'identifier une panoplie d'actions et de dispositifs (ex Plan Pluies) qui relèvent essentiellement de la mise à niveau et du rattrapage ; l'adaptation au changement climatique relève de l'anticipation et va nécessairement au delà des dispositions actuelles qui constituent toutefois d'utiles points de départ.

L'adaptation n'appelle donc pas pour l'essentiel la création d'un bloc de mesures juridiques et réglementaires en rupture avec le cadre existant. Elle peut souvent être traitée par des ajouts et des inflexions des dispositifs existants. Les travaux sectoriels s'attachent à identifier les dispositifs en vigueur en Wallonie qui seraient susceptibles de relever de cette approche (par exemple pour la biodiversité : contrats de rivière, projets LIFE ; pour la forêt : la certification forestière, les plans d'aménagement etc.)

4.1.3 Articuler les échelles d'intervention et de réflexion

L'adaptation est par nature fortement liée aux spécificités territoriales (ex il n'y a pas de risque côtier en Wallonie, par contre celle-ci paraît plus exposée à la chaleur que la Flandre). Ceci plaide pour une conception ascendante (bottom-up) de l'adaptation. Toutefois bon nombre d'enjeux ignorent les découpages administratifs et politiques et exigent une prise en charge conjointe et coordonnée (inondations, biodiversité...).

L'adaptation est une responsabilité partagée entre les niveaux territoriaux et administratifs, entre les secteurs et entre les acteurs.

Outre l'articulation entre les différents niveaux territoriaux, entre le public et le privé, entre les acteurs, il faut y ajouter comme points clés :

- **une réflexion sur les conditions d'acceptabilité pour la population des politiques d'adaptation envisagées.** La population sera appelée à accepter d'une part des coûts immédiats d'adaptation pour des bénéfices différés (ex : thermique du bâtiment), d'autre part des modifications importantes de ses modes de vie : par exemple celles induites par un urbanisme nouveau, d'ailleurs justifié par d'autres considérations (voir le référentiel « Politique d'aménagement du territoire pour le 21^{ème} siècle) ;
- **la distribution des effets de ces politiques à l'intérieur de la société et les politiques des corrections des inégalités qu'elles peuvent engendrer.** En moyenne, ce sont les ménages les plus pauvres qui occupent les logements vétustes -ceux qui ont le plus besoin d'être adaptés- alors que ces populations ne disposent pas de marges de manœuvre financières. On retrouve ici des problématiques très proches de celles de la précarité énergétique et de la lutte contre l'apparition de nouvelles trappes de pauvreté.

4.1.4 Adapter les mesures à la spécificité de chaque enjeu

Les moyens des politiques n'étant pas illimités on peut s'attendre à ce que celles qui seront retenues soient sélectionnées selon trois types de critères :

- **une hiérarchisation des impacts** qui, outre des impacts sectoriels majeurs met en lumière des enjeux transversaux (ex : gestion de l'eau, de la chaleur)
- **l'urgence de l'action** qui n'est pas nécessairement liée à une proximité temporelle des impacts : ex : l'adaptation des nouvelles infrastructures à longue durée de vie doit dès maintenant intégrer le changement climatique
- **le coût de l'action.** Au-delà des mesures « sans regret » qui ne permettront pas de faire face à l'ensemble des enjeux, se pose la question des moyens que la société est prête à consacrer à l'adaptation. Le niveau retenu permettra de déterminer une catégorie de mesures rentables (bénéfices > coûts), des mesures non rentables mais compatibles avec ce qui restera du budget initial et un reliquat d'impacts non traités traduisant un changement climatique subi.

4.1.5 Le besoin d'un débat sur le niveau de risque acceptable

Il paraît utile de situer la portée de notre travail au regard de ces principes en mettant l'accent sur deux points :

- **ce n'est pas aux experts de fixer le niveau de risque** que la société souhaite accepter. Ils identifient les risques et peuvent tout au plus constater l'absence ou les insuffisances d'un débat social sur les risques acceptables
- en liaison avec ce premier point, il faut remarquer que les scénarios explorés ne font qu'éclairer la plage de l'ampleur du changement climatique et des effets qui lui seraient liés. A l'intérieur de cette plage, le choix du niveau de changement climatique auquel il paraît raisonnable de se préparer en Wallonie reste de la responsabilité du politique. Il est d'autant plus important qu'il soit explicite qu'il

fournit les repères par rapport auxquels les politiques d'adaptation publiques et privées pourront se caler.

4.1.6 La question du financement

Les mécanismes de financement de l'adaptation sont susceptibles de renvoyer à la fiscalité sous le double aspect des incitations et d'une réforme des dispositions faisant obstacle.

L'adaptation doit également être intégrée dans les critères de choix des investissements, ce qui peut passer par l'institution de nouvelles normes (de résistance du bâti par rapport à la chaleur d'été par exemple) ou par des conditions mises aux aides publiques (inclusion d'une certaine quantité d'espaces verts dans les rénovations ou les créations de nouvelles unités urbaines etc.).

4.2 Les orientations stratégiques

Le balayage des vulnérabilités actuelles et futures et leur hiérarchisation a été suivi par une identification des multiples pistes d'adaptation. Cette prise de hauteur, accompagnée d'un regard transversal a permis de dégager 4 grandes orientations stratégiques et un certain nombre de problématiques institutionnelles.

4.2.1 Renforcer et adapter la gestion de l'eau et de ses impacts à la nouvelle donne climatique

En Wallonie, l'eau est à la fois une ressource et une menace. Le changement climatique fait craindre à la fois un manque d'eau (notamment l'été) et des excès ponctuels (inondations). La diminution de la ressource (accompagnée potentiellement d'une dégradation de sa qualité) interpelle l'aménagement du territoire, l'habitat et les infrastructures, (ex : approvisionnement en été, transport fluvial...), l'énergie (refroidissement des centrales), l'agriculture et la forêt (ex : modification de la saisonnalité des précipitations, sécheresse) la biodiversité (ressources en eau des écosystèmes, notamment zones humides). La menace d'un excès d'eau interpelle en particulier l'aménagement du territoire, l'urbanisme et la construction (ex : inondations, retrait-gonflement des argiles, risque karstique...). S'adapter, c'est économiser l'eau et optimiser son usage, organiser la prévention et les secours face aux événements extrêmes ; cela nécessite bien évidemment une vision trans-sectorielle pour gérer les conflits d'usage, notamment en situation de crise (déterminer les priorités) et éviter que les mesures prises ici aggravent les problèmes ailleurs.

Les mesures présentées au titre de la gestion de l'eau peuvent se séparer en deux catégories : **celles qui visent à se prémunir des impacts** (inondations, érosion...) et **celles qui s'attachent à gérer la ressource dans une optique de diminution de sa quantité et potentiellement de sa qualité.**

Lutter contre l'accroissement du risque d'inondation

Les premières mesures s'orientent prioritairement et naturellement **vers un renforcement de la lutte contre les inondations sur le territoire wallon. Ces mesures visent à la fois à diminuer l'exposition des biens et des personnes, à favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol et à renforcer la protection au niveau des habitations.**

On recommande prioritairement de :

- **Créer un règlement régional d'urbanisme** spécifique aux zones inondables (inclusion de la carte d'aléas climatiques dans certains plans d'aménagement)
- **Imposer une réglementation sur les matériaux de construction** visant à favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol
- **Mettre en place des incitations financières** visant à solliciter l'adaptation des particuliers au risque inondation

Lutter contre l'amplification annoncée de l'érosion des terres agricoles

Il faudra nécessairement agir sur l'augmentation annoncée de l'érosion des sols agricoles pour éviter de menacer l'intégrité d'un facteur de production essentiel. Si la question de la lutte contre la dégradation des sols est prise en compte dans la conditionnalité via le code de bonnes pratiques, que certaines MAE sont également positives pour leur préservation, il est néanmoins préconisé de renforcer les dispositifs existants et d'inclure aussi la dimension CC dans les cadres d'orientation.

Parmi les recommandations phares on notera :

- **Renforcer les obligations en matière de pratiques agricoles dans la conditionnalité des aides**
- **Renforcer la place du changement climatique dans la définition du cadre et l'évaluation des MAE**
- **Poursuivre le ciblage des MAE et proposer de nouvelles mesures spécifiques "érosion des sols"**

Evaluer les risques géotechniques pesant sur le cadre du bâti et les infrastructures

Les mesures relatives aux risques géotechniques (risque karstique notamment) ne doivent pas être occultées. Elles visent avant tout à évaluer ces risques dans une perspective de CC (besoin de recherche surtout) afin de pouvoir ensuite décider d'éventuelles mesures législatives ou réglementaires en termes d'urbanisme, de construction et d'aménagement. On insiste toutefois sur la nécessité d'inclure dès aujourd'hui la dimension changement climatique dans les programmes de formation des architectes.

Outre les impacts de l'eau sur le territoire wallon, le changement climatique devrait également affecter directement les ressources en eau. La gestion de la ressource doit être renforcée dans une perspective de changement climatique.

Prévenir les risques liés à une éventuelle baisse de la ressource (baisse des débits d'étiage et de la disponibilité en eaux de surface pour les centrales surtout) et de sa qualité

La disponibilité en eau est bonne en Wallonie. Cependant, c'est l'aspect quantitatif qui risque d'être le plus impacté par les changements climatiques en raison, notamment d'un accroissement potentiel de la demande (notamment en période estivale) et d'une baisse possible de la ressource, notamment sur les eaux de surface (moins certaine

néanmoins pour les nappes souterraines). Dans le but de prévenir des risques multisectoriels (ex manque de disponibilité en eau de refroidissement pour les centrales électriques, risque de perturbation des transports fluviaux, pollution accrue des eaux de surface), on recommande :

- **Inclure le changement climatique dans le plan de Gestion de la DCE (maintien de la disponibilité et bon état écologique des eaux)**
- **Renforcer la gestion des débits minimum pour garantir les débits et moduler les autorisations en cours du temps**
- **Créer un groupe de travail en vue d'améliorer les connaissances sur la diminution de la disponibilité en eaux de refroidissement pour les centrales électriques en période estivale**

Concernant l'éventuelle augmentation de la pollution azotée, il a été jugé utile d'attendre préalablement l'évaluation de l'actuel PGDA pour préconiser des mesures de réajustement en fonction du CC.

Adapter la gestion de l'offre et de la demande en eau à la nouvelle donne climatique

Pour prévenir les risques de conflits et bien que la consommation des Wallons soit nettement inférieure à la moyenne européenne, on insiste sur la nécessité de renforcer la gestion rationnelle de l'eau (exemple promotion de l'utilisation de réservoirs tampons type citernes à eau de pluie en plus de modifications comportementales). Si la diminution de la consommation devrait alors se poursuivre, les coûts liés à la distribution eux, resteront fixes. C'est pourquoi, on recommande **d'adapter la tarification de l'eau afin de garantir un financement suffisant de l'entretien des réseaux de distributions, et donc de pérenniser un approvisionnement en eau potable de qualité. De même, l'eau étant largement une ressource partagée avec la France, la gouvernance transfrontalière devra être renforcée.**

4.2.2 S'adapter à la chaleur en ville et dans l'espace public

Si l'on s'attend à une augmentation des températures tout au long de l'année, **c'est avant tout l'été et lors des canicules, en ville (plutôt que dans les zones rurales) et dans certains espaces publics que les impacts seront les plus dérangeants.** L'élévation des températures l'été met en cause la santé de manière directe et indirecte et plus largement le confort et le bien être ; elle est également source d'une demande additionnelle d'énergie (refroidissement, climatisation). L'adaptation à cette perspective implique, à côté de mesures techniques (adaptation des structures et du fonctionnement de l'habitat) des évolutions des modes de vie ; elle entre en résonance avec la recherche d'une vision plus économe et durable de l'aménagement du territoire telle que préconisée par le récent référentiel « Politique d'aménagement du territoire pour le 21^{ème} siècle). Elle incite à repenser la ville avec un urbanisme faisant une place plus grande à l'eau et au végétal, avec une insistance particulière pour les zones les plus peuplées de la Wallonie (**sillon Haine, Sambre et Meuse et couloirs reliant les grandes agglomérations wallonnes situées dans le sillon et la Région Bruxelloise**) ;

L'augmentation attendue des vagues de chaleur estivales appelle des mesures interdépendantes visant non seulement le renforcement de la gestion sanitaire des épisodes caniculaires et des effets indirects du réchauffement mais aussi l'amélioration du confort de vie dans les bâtiments et l'espace public ainsi que l'atténuation de l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Renforcer la gestion sanitaire des épisodes caniculaires et des effets indirects du réchauffement (intoxications alimentaires, allergies)

Les principales mesures en termes de santé sont destinées à venir appuyer un renforcement du plan fédéral "vagues de chaleur et pics d'ozone". Ces mesures concernent aussi bien les changements de rythme de vie en temps de canicule que le nécessaire maintien et développement du suivi, de la sensibilisation (écoles par exemple) et de la communication (renforcement envers les populations vulnérables). Au-delà, on insiste surtout sur la nécessité d'améliorer les connaissances sur les facteurs de risques en lien avec le CC. De même, on insiste sur un renforcement de la vigilance quant à l'apparition de certains risques tant en terme d'intoxications alimentaires liées aux fortes chaleurs tout comme l'augmentation des allergies dues aux pollens.

On préconise à travers le plan fédéral de :

- **Créer des cartes de risque et rendre obligatoire au niveau des zones à risques la mise à jour des listes de personnes vulnérables**
- **Inclure des mesures favorisant les changements de rythme de vie en phase d'alerte (réviser les horaires d'ouverture des établissements publics et privés...)**
- **Renforcer le dispositif de suivi sur les allergènes (intégrer un suivi sur le pollen : ex dispersion spatiale de l'ambroisie)**

D'autres mesures sont destinées à renforcer la vigilance quant aux possibles intoxications alimentaires :

- **Renforcer les contrôles sur les normes de températures au niveau de la chaîne de distribution alimentaire**

Anticiper les risques liés aux vagues de chaleur dans l'urbanisme, l'habitat et les infrastructures de transport

Les mesures en matière de santé sont bien évidemment à relier aux dispositifs relatifs à la construction ou la rénovation des bâtiments, à l'urbanisme et l'aménagement du territoire et aux infrastructures. Les principales mesures proposées pour adapter le bâti à des chaleurs d'été accrues, pour prévenir le risque d'îlot de chaleur urbain et améliorer le confort de vie des populations sont les suivantes :

- **Renforcer le dispositif des primes au niveau des habitations individuelles pour promouvoir le refroidissement passif** (végétalisation des murs et des toitures notamment) ; Cette mesure n'est par ailleurs pas incompatible avec des mesures d'isolation du bâti qui permettent à la fois de se prémunir du froid en hiver et de la chaleur en été.
- **Aider prioritairement à la modernisation des établissements accueillant des personnes vulnérables (hôpitaux, maisons de retraite...)**
- **Prendre en compte le phénomène d'îlots de chaleur urbain** dans les documents de planification urbaine (espaces verts et espaces d'eau...)
- **Evaluer le risque d'îlot de chaleur/favoriser les constructions bioclimatiques** dans le cadre de la conception des nouveaux projets d'aménagement et notamment au travers des études d'incidence ;
- **Créer des groupes de travail** sur les nouveaux revêtements des sols / matériaux de construction et veiller à intégrer dans la mesure du possible des professionnels de santé dans les réflexions sur l'habitat et l'urbanisme.

On notera que ces deux premières orientations sont les mêmes que celles retenues dans la stratégie nationale (p.30 2^{ème}§). Dans un esprit restant hautement sélectif et synthétique nous pensons utile de rajouter les deux éléments suivants.

4.2.3 Renforcer la préservation de la biodiversité et améliorer la résilience des écosystèmes et des agrosystèmes

Si le changement climatique constaté jusqu'à aujourd'hui n'est pas la principale cause d'érosion de la biodiversité, on s'attend à ce que dans l'avenir il rentre en synergie avec les autres facteurs et à ce que son impact s'accroisse considérablement. Outre l'importance et la grande variété des services « écosystémiques » qu'elle rend, la biodiversité, constitue le principal capital génétique dans lequel nous pourrions puiser les ressources pour nous adapter à la modification du climat, que ce soit dans les domaines comme l'agriculture et la forêt ou la santé par exemple. Il est donc urgent de la préserver pour maintenir nos capacités d'adaptation.

Développer et gérer le réseau écologique wallon dans une perspective de changement climatique

Les mesures identifiées au titre de la biodiversité et des écosystèmes visent dans un premier temps à **développer le réseau écologique** en évaluant les plans et dispositifs en place puis en intégrant ou en renforçant la perspective « changement climatique » si besoin est. Il s'agit de passer d'une vision statique à une vision dynamique. On insiste également particulièrement sur la nécessité d'aboutir à **une gestion intégrée de la biodiversité sur l'ensemble du territoire**. Si à court terme des mesures de reconsidération des zones de conservation paraissent pertinentes, on observe qu'à moyen terme, il n'est pas impossible que la Wallonie doive intégrer des mesures de type « relocalisation assistée » ou « conservation ex situ » pour préserver des espèces qui n'arriveraient pas à migrer.

On recense ici les mesures prioritaires :

- **Revoir les stratégies de conservation, de gestion et de suivi de la biodiversité existantes dans une optique de gestion dynamique en lien avec le CC / Inclure les CC dans la stratégie de la biodiversité**
- **Développer une cellule de gestion intégrée de la biodiversité sur l'ensemble du territoire**
- **Reconsidérer les limites et localisation des zones de conservation en tenant compte du CC**

Développer une sylviculture dynamique et durable

Une sylviculture plus durable et plus proche du fonctionnement naturel de l'écosystème forestier permet de favoriser l'adaptation naturelle et d'augmenter la résilience au changement. Si certaines mesures sont déjà favorisées dans le cadre des dispositifs existants on recommande toutefois de :

- **Respecter l'adéquation essence/écotypes X station en incluant le CC dans le choix des essences / Favoriser la diversité génétique des espèces**
- **Sensibiliser les gestionnaires et inclure les mesures suivantes dans les plans d'aménagement : diminuer les densités de plantations, réaliser des éclaircies plus fréquentes, favoriser la régénération naturelle quand c'est possible, favoriser une exploitation respectueuse du sol**
- **Reconsidérer les limites et localisation des zones de conservation en tenant compte du CC**
- **Réguler les populations de grand gibier qui constitue une menace sur la forêt**

Améliorer la résilience des systèmes agricoles face au changement climatique

Dans le secteur de l'élevage, la sélection génétique des bovins devrait être assez spontanée de même que l'adaptation des bâtiments qui constitue une réponse à l'augmentation des coûts énergétiques et aux contraintes liées au bien-être animal. En revanche, l'adaptation **des prairies permanentes et des cultures fourragères apparaît plus prioritaire**, car l'impact des changements climatiques sur le stress thermique des prairies et le stress hydrique du maïs semble important et l'adaptation ne peut pas se faire annuellement. **Dans cette optique, il convient d'améliorer la recherche d'alternatives aux cultures intensives en eau (maïs) ou sensibles à la température (Ray-grass).**

Prévenir et gérer les risques naturels (invasions, aléas climatiques) et évaluer les impacts socio-économiques

On insiste par ailleurs fortement (agriculture, biodiversité, forêts, santé) **sur les besoins de suivi et de gestion de l'émergence des espèces exotiques et invasives** (appuyer et soutenir les dispositifs de suivi existants, limiter et réglementer l'importation d'espèces exotiques par exemple).

Un certain nombre de secteurs (forêt, agriculture) préconise des mesures visant **à gérer et à s'adapter à l'augmentation éventuelle des aléas climatiques** tels que les feux de forêts, coups de froid, tempêtes **en raison d'une fragilité accrue de certaines espèces ou peuplements** mais aussi à évaluer les impacts de ce type d'événement sur les activités économiques, sur la sûreté alimentaire (santé) et éventuellement à adapter les mécanismes de dédommagement en conséquence.

Renforcer la prévention et développer la connaissance sur les maladies à vecteur et les vecteurs eux-mêmes

Certains vecteurs (exotiques) et leurs maladies associées (ex maladie de Lyme) pourraient être favorisés par le changement climatique. On insiste sur le nécessaire renforcement de la prévention (comme l'auto-inspection) et du développement de la recherche en vue de comprendre la relation complexe entre les vecteurs, leurs hôtes, le climat et les autres facteurs. Il s'agit également de mieux identifier les vecteurs et leurs hôtes car les évolutions probables de ces maladies sont à ce jour moins bien évaluées.

4.2.4 Les problématiques en lien avec l'atténuation du changement climatique

Certaines politiques d'adaptation peuvent contribuer à la diminution de la demande énergétique et donc à celle des émissions de GES (ex : l'amélioration de la capacité des bâtiments à garder la fraîcheur l'été). Inversement, les acteurs laissés à eux-mêmes peuvent s'orienter vers des formes d'adaptation accroissant la demande énergétique et les émissions (climatisation classique des bâtiments). Entre ces deux pôles il y aura souvent des compromis à trouver en tenant compte des spécificités régionales. Par exemple, là où la climatisation active est pour une part incontournable (hôpitaux par ex), jusqu'à quel degré de confort et donc quelle consommation énergétique décide-t-on d'aller ? Quel compromis souhaite-t-on entre la densification de la ville diminuant les émissions du transport et la lutte contre l'îlot de chaleur urbain –risque qui reste à préciser compte tenu des structures urbaines de la Wallonie- qui suggère l'introduction d'espaces verts ?

Le lien entre l'adaptation et l'atténuation identifié dans les mesures proposées est à la fois direct et indirect. Le lien le plus évident tourne autour des questions de climatisation et de refroidissement. Une maladaptation à la chaleur d'été est susceptible de renforcer fortement la demande énergétique et les émissions dans le logement, le tertiaire (ex : santé) ou les transports. A l'inverse, de nombreuses mesures suggérées dans l'aménagement, l'urbanisme et la construction (avec parfois de fortes implications en termes de modes de vie) sont susceptibles de diminuer la demande énergétique et les émissions.

Ce point central ne doit pas faire oublier les autres dimensions plus indirectes :

- **La première, préoccupante, est celle du contenu énergétique des mesures d'adaptation.** Il est suggéré par exemple de rénover des infrastructures ce qui fait appel à des matériaux dont le contenu énergétique est élevé et la contribution aux émissions également (exemple : le ciment). Toutefois des mesures d'adaptation « douces » (favoriser par exemple l'infiltration plutôt que de se protéger contre les inondations) peuvent contribuer à diminuer les émissions par rapport aux pratiques actuelles.
- **La seconde, plus positive est celle du maintien ou de l'amélioration de la capacité de stockage du carbone** dans les sols qu'induisent toute une série de mesures dans l'agriculture, la forêt, la biodiversité.

Les mesures identifiées qui vont directement dans le sens d'un lien étroit entre les stratégies d'adaptation et d'atténuation se concentrent essentiellement dans le secteur énergétique. Les recommandations principales sont les suivantes :

- **Prendre des mesures de contrôle de la demande énergétique pour empêcher l'augmentation des besoins dans tous les secteurs**
- **S'assurer de la prise en compte de l'impact des modifications climatiques projetées dans tous les plans à long terme relatifs à l'approvisionnement électrique, en particulier dans le cadre de la collaboration internationale**
- **Améliorer les connaissances sur le risque de baisse de capacités des infrastructures dues à la hausse du nombre et de l'intensité des périodes de fortes chaleurs – Wallonie et parcs interconnectés**
- **Commander une étude sur l'évolution projetée de la productivité des différentes sources d'énergies renouvelables (variation de la vitesse moyenne du vent, nébulosité, croissance biomasse, variation des régimes fluviaux)**

4.3 Les problématiques institutionnelles

Parallèlement à la transversalité au niveau des secteurs, on note un certain nombre d'orientations qui relèvent de questions institutionnelles et organisationnelles.

Les mesures préconisées par les experts vont en général dans **le sens d'une inflexion du cadre juridique et réglementaire**. On peut également ajouter à **cela plusieurs besoins**.

4.3.1 La recherche, l'observation et le suivi

Les analyses sectorielles insistent souvent sur le manque d'information pour asseoir des propositions raisonnables dans un certain nombre de domaines. Vu la multiplicité des appels à la recherche, une nécessité de hiérarchisation se fait sentir. Par ailleurs de

nombreuses thématiques de recherche ont vocation à être traitées à des échelles géographiques plus étendues (nationale, européenne...) et au niveau de la Wallonie on peut se limiter à décliner leurs spécificités régionales. Il subsistera toutefois un nombre réduit de sujets de recherches appliquées nécessitant une prise en charge régionale. Il paraît utile de réfléchir à la **mise en place d'une instance de coordination légère des politiques de recherche sur l'adaptation au changement climatique gérant les liens avec les niveaux national et international et éclairant les choix relevant de l'effort régional.**

Les mesures suggérées au titre de l'amélioration des connaissances et de la recherche vont de la recherche fondamentale aux recherches appliquées, aux études et à la constitution de bases de données. On a jugé utile de rappeler les besoins de recherche fondamentale (lien entre la biodiversité et le changement climatique, effets du changement climatique sur les maladies à des vecteurs ou sur la qualité de l'air, sélection des espèces animales ou végétales adaptées en agriculture) ou technologiques (recherches sur les matériaux de construction) qui ne concernent pas seulement la Wallonie, mais dont celle-ci devrait tirer parti.

Les recherches appliquées, techniques ou socio-économiques (exemples : disponibilité en eau pour le refroidissement des centrales électriques, appréciation de l'enjeu « îlots de chaleur », identification des espèces menacées par le changement climatique en Wallonie, prospective des besoins en irrigation etc.) ont naturellement tendance à impliquer plus le niveau régional.

Elles sont souvent associées à des besoins d'observation et de suivi (progression des espèces invasives ou exotiques avec le changement climatique, évolution du couvert forestier...) et **à la préconisation de dispositifs d'alerte correspondants** (sur les risques de feux de forêt, l'apparition massive d'allergènes...)

Les demandes visent à combler des lacunes criantes : c'est le cas en particulier pour l'énergie où des études et la mise en place de groupes de travail, sont préconisées avant de pouvoir préciser les mesures éventuelles. À l'inverse les mesures proposées peuvent avant tout viser à renforcer des blocs de connaissances existants : c'est en particulier le cas pour la santé où les phénomènes de canicule sont déjà pris en compte, où des connaissances de longue date existent sur les maladies tropicales...

4.3.2 Les besoins de sensibilisation, formation et communication

L'adaptation au changement climatique ne paraît pas figurer sur l'agenda des acteurs à la place que son importance appelle. Les travaux sectoriels montrent que des efforts de sensibilisation, de formation et de communication sont nécessaires en Wallonie comme ailleurs. Ils peuvent éventuellement s'appuyer sur des outils existants (ex : plaquettes informatives de l'ISP) quitte à les compléter.

Si les besoins sont identifiés dans pratiquement tous les secteurs, si les publics cibles, les acteurs ou les médias (santé) sont parfois identifiés, en revanche il reste à travailler sur les stratégies et les contenus précis, ce qui est à la fois normal eu égard au caractère exploratoire du travail mais traduit également la prééminence des scientifiques dans les groupes de travail.

4.3.3 Les besoins de suivi-évaluation

Il est certainement légitime d'insister sur la nécessité de suivre et d'évaluer les stratégies et les politiques d'adaptation ; toutefois on peut se demander si au stade de cette étude cela n'est pas quelque peu prématuré : les insuffisances constatées dans les travaux comparables à l'étranger tendent d'ailleurs à le suggérer.

L'identification d'indicateurs constitue le point d'achoppement de cette démarche. On a distingué des indicateurs de suivi des mesures suggérées et des indicateurs de suivi des impacts. Les premiers sont tributaires de l'état d'avancement de la définition des mesures qui devrait grandement s'améliorer au fur et à mesure que l'on se rapproche du plan d'adaptation final. Les indicateurs de suivi des impacts sont dépendants de l'existence de bases de données ; certaines sont disponibles (un certain nombre d'indicateurs sont soit disponibles soit aisés à calculer), d'autres renvoient à des demandes d'information que les experts sectoriels formulent.

Au niveau des secteurs, on peut noter que les bases actuelles pour un suivi et une évaluation futures sont relativement consistantes pour l'agriculture et la biodiversité, et à l'autre extrême paraissent beaucoup plus fragiles pour l'eau et l'énergie. Des travaux ultérieurs devraient permettre de combler cet écart.

4.4 Les fiches adaptation sectorielles

Ces fiches ont vocation à présenter **les principaux axes d'adaptation** pour chacun des secteurs.

Chacune des fiches est renseignée au regard des critères et points d'achoppement majeurs qui se dégagent des analyses sectorielles. Il ne s'agit pas de présenter les mesures qui figureront dans le répertoire mais bien les principaux axes d'adaptation du secteur.

Les rubriques de chaque fiche sont les suivantes :

- **Les besoins préalables en termes de connaissances.** Les travaux effectués insistent en effet pour certaines thématiques sur le manque de connaissances ou de vision prospective ; il s'agit donc d'un pré-requis placé en début de chaque fiche. Il ne s'agit pas de pointer des lacunes de connaissances sur le thème dans l'absolu mais bien sur sa relation au changement climatique.
- Les (principales) **politiques /axes d'adaptation envisageables à court terme (2030) / moyen terme (2050)** sont ensuite listées ; 2030 et 2050 sont des horizons parlants, dans lesquels on peut encore se projeter. Cette rubrique envisage les stratégies possibles, sans préjuger des choix qui seront fait par la région Wallonne.
- La rubrique précédente est complétée par une évaluation des coûts (au sens large et pas seulement financier) à travers la **partition stratégie « sans regrets »/coûts additionnels**, pour mettre en lumière ce qui, indépendamment du changement climatique, gagnerait à être engagé pour d'autres raisons.
- Vu les horizons temporels du changement climatique, la première vision à relativement court et moyen termes nécessite d'être complétée par un regard sur les **besoins d'adaptation se profilant à long terme (2085 à fin de siècle)**. Quels nouveaux enjeux ? Quelles ruptures envisageables ?
- **Les (principales) spécificités régionales** telles qu'elles ressortent des fiches thématiques sont soulignées afin d'apporter la nuance nécessaire aux stratégies préconisées.
- Une liste des (principaux) **outils existants** permettant d'aborder les enjeux (moyennant quelques adaptations éventuellement) est fournie, qu'il s'agisse d'outils réglementaires ou non.
- On rappelle quels sont **les acteurs principaux impliqués actuellement** dans la prise en charge des actions relatives aux stratégies identifiées.

Ces deux dernières rubriques reflétant un état actuel des lieux sont suivies par une autre se projetant dans le futur en évoquant :

- Les **(principaux) outils à inventer et les nouveaux acteurs à impliquer**.

Thème	Agriculture
Fiches en lien	Agriculture / Biodiversité / Ressource en eau
Les besoins préalables en termes de connaissances	<ul style="list-style-type: none"> • Résilience des différentes espèces et variétés végétales et animales et des différents systèmes d'exploitation aux changements climatiques • De meilleures connaissances concernant les facteurs limitants sont cruciales pour adapter les modèles actuels • De meilleures connaissances concernant le point de rupture à partir duquel les rendements chuteront avec l'élévation de la température • Besoin de recherche sur les impacts socio-économiques (à l'échelle de l'exploitation agricole, la Région et à l'échelle globale) et sur la résilience des différents systèmes d'exploitation • Réponse des différents parasites et maladies au changement climatique et possibilité désynchronisation entre parasites et leurs prédateurs naturels
Les politiques d'adaptation envisageables à court terme (2030) et moyen terme (2050)	<ul style="list-style-type: none"> • Poursuivre les efforts de lutte contre l'érosion • Améliorer la résilience des systèmes d'exploitation aux changements climatiques • Optimiser l'utilisation de l'eau • Assurer le suivi et la gestion de l'émergence de nouveaux organismes nuisibles et espèces envahissantes • S'adapter aux variations accrues des rendements
...en distinguant les politiques « sans regrets » des politiques additionnelles	<ul style="list-style-type: none"> • Beaucoup de ces mesures sont « sans regret ». Les mesures de lutte contre l'érosion ont des impacts positifs pour la biodiversité, la qualité en nutriment des sols et réduction des coûts pour l'agriculteur. L'optimisation de l'utilisation de l'eau, ou encore l'amélioration de la gestion des exploitations sont bénéfiques en l'absence de CC, ne fut-ce que du point de vue de la durabilité des filières. • A contrario, l'adaptation des infrastructures présenteront inévitablement des coûts additionnels. La mise en place de programmes de recherche spécifiques au CC, l'adaptation de stratégies existantes et la mise en place d'un programme de sensibilisation engendreront naturellement des coûts additionnels. Les efforts de recherche sont coûteux mais nécessaires.
Les besoins d'adaptation se profilant à long terme (2085)	<ul style="list-style-type: none"> • Développer l'irrigation
Les spécificités régionales	<ul style="list-style-type: none"> • Les régions limoneuse et sablo-limoneuse (grandes cultures sous labour) sont les zones les plus sensibles à l'érosion et à la diminution des teneurs en carbone organique • Les sols de plus faible profondeur et à faible capacité de rétention d'eau

	<p>du sud de la Wallonie seront plus sensibles au stress hydrique et thermique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les zones les plus spécialisées dans l'élevage et au sol de moins bonne qualité ou de faible épaisseur (pays de Herve, Ardennes, Lorraine) sont plus vulnérables du point de vue de la rentabilité de l'élevage
Les outils existants	<ul style="list-style-type: none"> • Système d'aide d'Investissement dans le secteur agricole (ISA) • Certaines MAE (ex. 100€/ha si couverture hivernale du sol) et les bonnes pratiques agricoles (conditionnalité des aides du 1^{er} pilier) • Guide méthodologique pour le choix d'aménagements appropriés en matière de conservation des sols et des eaux • Cartographie des zones à risque d'érosion diffuse, des zones à risque de ruissellement diffus et des zones à risque de ruissellement et d'érosion concentrés • Fonds des calamités naturelles, Fonds de dédommagement des agriculteurs, Fonds d'assurances • Certaines mesures du plan PLUIES • Mesures d'optimisation de l'utilisation de l'eau • Mesures pour le maintien de la biodiversité des écosystèmes agricoles
Les acteurs principalement concernés	<ul style="list-style-type: none"> • Agriculteurs, FWA, Fugea • SPW – DGARNE • Gouvernement Wallon • Communes et provinces • UE - DGA • Universités, GIREA
Les outils à inventer et les nouveaux acteurs à impliquer	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositif de gestion de crise pour les tempêtes, maladies et parasites • Outil de suivi intégré (en cours de développement via plusieurs projets de recherche) • Impliquer AWE • Outils de modélisation des rendements intégrant les facteurs limitant (sol, eau, photopériode...) • Programme de sensibilisation de tous les acteurs

Thème	Aménagement du territoire et infrastructures
Fiches en lien	Biodiversité / Ressources en eau
Les besoins préalables en termes de connaissances	<ul style="list-style-type: none"> • Etude de l'impact des changements climatiques sur le risque karstique • Etude sur les phénomènes d'îlot de chaleur urbain dans les villes wallonnes • Etude sur l'évolution du risque de tempête • Cartographie du risque lié aux autres risques géotechniques comme le phénomène de retrait-gonflement des argiles
Les politiques d'adaptations envisageables à court terme (2030) et moyen terme (2050)	<ul style="list-style-type: none"> • Lutter contre l'accroissement du risque d'inondation • Anticiper les risques liés aux vagues de chaleur • Anticiper les risques liés au comportement du sol et du sous-sol pesant sur le cadre bâti et les infrastructures en intégrant les impacts des changements climatiques • Anticiper les risques de perturbations des réseaux de transport
...en distinguant les politiques « sans regrets » des politiques additionnelles	<ul style="list-style-type: none"> • Les mesures de lutte contre le risque d'inondations ont des impacts positifs pour la biodiversité, la préservation des sols et la recharge des aquifères. Les mesures d'anticipation des risques peuvent également être utiles pour améliorer la gestion du risque actuelle et sont moins coûteuses que les dégâts qui surviendront. Par ailleurs, des synergies sont possibles entre les mesures de lutte contre les impacts des vagues de chaleur et l'atténuation du CC. • A contrario, les mesures prises en milieu urbanisé pour diminuer le risque d'inondation sont pour la plus par des mesures « palliatives » diversement coûteuses
Les besoins d'adaptation se profilant à long terme (2085)	<ul style="list-style-type: none"> • Relocaliser certaines activités • Améliorer le système de démergement
Les spécificités régionales	<ul style="list-style-type: none"> • La zone d'aléa d'inondations par débordement de cours d'eau concerne 6,5% du territoire wallon • Les sillons Haine Sambre et Meuse et le Brabant wallon présentent les plus fortes densités de population et comprennent les plus grandes villes de Wallonie. Les espaces de très forte densité du bâti sont les plus susceptibles de voir se produire le phénomène d'îlots de chaleur urbain. • 30 % du sous-sol wallon est constitué de calcaire.
Les outils existants	<ul style="list-style-type: none"> • Les outils d'aménagement du territoire • Certaines MAE • Cartographie des zones à risque d'érosion diffuse, des zones à risque de ruissellement diffus et des zones à risque de ruissellement et d'érosion concentrés et cartographie des zones aléas d'inondation par

	<p>débordement de cours d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartographie du risque karstique • Fonds des calamités naturelles • Plan PLUIES • Journal de la batellerie, Bilan hydrologique (Etat des eaux /Infocruce, le bulletin hydrologique, la situation générale et les bilans trimestriels)
Les acteurs principalement concernés	<ul style="list-style-type: none"> • SPW, GT Inondations • Gouvernement Wallon • Communes et provinces • UE • Universités • Agriculteurs, secteur de la construction, citoyens...
Les outils à inventer et les nouveaux acteurs à impliquer	<ul style="list-style-type: none"> • Outils d'aménagement du territoire intégrant des effets des changements climatiques • Cartographie des zones de risques liées au retrait-gonflement des argiles et des autres risques géotechnique pouvant être influencés par les CC • Dispositif de gestion de crise pour les tempêtes • Programme de sensibilisation de tous les acteurs

Fiche	Biodiversité
Thèmes en lien	Biodiversité / Forêt / Ressources en eau / Aménagement du territoire
Les besoins préalables en termes de connaissances	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi de l'évolution de la biodiversité en rapport avec le CC • Capacité d'adaptation des espèces aux nouvelles conditions environnementales • Capacité de migration des espèces par rapport à la vitesse du CC • Interactions entre espèces, entre facteurs environnementaux • Impact sur la biodiversité des stratégies d'adaptation liées aux autres thématiques • Pertinence d'une évolution des périmètres et des localisations des espaces protégés • Efficacité des réseaux écologiques
Les politiques d'adaptation envisageables à court terme (2030) et moyen terme (2050)	<ul style="list-style-type: none"> • Développer le réseau écologique • Poursuivre les suivis de la biodiversité existants, les améliorer/compléter et faire le lien avec le CC • Mettre en place des programmes de recherche pour combler les besoins de connaissances • Poursuivre les suivis des espèces exotiques invasives, les améliorer/compléter, et mettre en place un programme de gestion précoce (en vue d'éradication) • Adapter les stratégies de conservation et de gestion de la biodiversité existantes pour y inclure la composante CC, continuer à adapter ces stratégies au fur et à mesure du développement des connaissances dans le domaine, mettre en place un système efficace de contrôle du respect des législations
...en distinguant les politiques « sans regrets » des politiques additionnelles	<ul style="list-style-type: none"> • Les mesures principales à prendre sont des stratégies « sans regret », qui se mettent déjà en place actuellement (réseau écologique, suivis de la biodiversité, gestion des invasives) et dans lesquelles il faudrait inclure la composante du CC. • A contrario, la mise en place de programmes de recherche spécifiques au CC, l'adaptation de stratégies existantes et la sensibilisation des acteurs engendreront des coûts additionnels. Pour ce qui est du développement du réseau écologique, s'il s'avère nécessaire de modifier les limites voire la localisation des zones protégées et des réserves naturelles en vue du CC, cela induira également des coûts additionnels.
Les besoins d'adaptation se profilant à long terme (2085)	<ul style="list-style-type: none"> • Conserver les espèces proches de l'extinction : conservation ex situ • Transplanter les espèces trop proches de l'extinction : relocalisation assistée (mesure de dernière extrémité)
Les spécificités régionales	<p>Parmi les spécificités de la région on notera :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Important aspect transfrontalier au niveau de la biodiversité, à prendre en

	<p>compte dans le développement du réseau écologique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Présence d'habitats et d'espèces relictuels de l'ère glaciaire, qui sont particulièrement sensibles au CC • Grande diversité de milieux • Milieux souterrains • Haute densité de population, de réseaux routiers et d'urbanisation entraînant une forte fragmentation • Passé industriel fort : beaucoup de sites et de sols pollués
Les outils existants	<ul style="list-style-type: none"> • Outils régionaux : Loi sur la Conservation de la Nature et différents statuts de protection des espèces et des sites (RND, RNA, ZHIB, CSIS, RF, sites Natura 2000), PCDN, suivis et monitorings existants (chauves-souris, oiseaux, libellules, etc.), mesures agro-environnementales, outils participatifs subventionnés (fauchage tardif, combles & clochers, etc.), plan 100% nature • Outils européens : Natura 2000, projets LIFE, stratégie européenne pour la biodiversité, politique régionale • Outils internationaux : convention de RAMSAR, convention de Bonn, convention sur la diversité biologique
Les acteurs principalement concernés	<ul style="list-style-type: none"> • Service Public de Wallonie • Communes • Associations de protection de la nature (Natagora, etc.) • Agriculteurs • Contrats de rivière • Universités • GAL • Plateforme biodiversité • Parcs naturels • Bénévoles, milieux scolaires et autres associations • CRIE • Propriétaires
Les outils à inventer et les nouveaux acteurs à impliquer	<ul style="list-style-type: none"> • Outils normatifs et règlementaires pour la prise en compte de la gestion de la biodiversité sur l'ensemble du territoire (zonings, voies de communication, milieux urbains, etc.), améliorer lois existantes, assurer le respect des lois • Ensemble des acteurs (secteur privé compris) • Programmes de recherche et de monitoring spécifiques • Programme de sensibilisation de tous les acteurs • Mécanismes financiers durables

Fiche	Forêts et sylviculture
Thèmes en lien	Forêt / Biodiversité
Les besoins préalables en termes de connaissances	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi de l'évolution de la forêt en rapport avec le CC • Capacité d'adaptation des espèces aux nouvelles conditions environnementales • Capacité de migration des espèces par rapport à la vitesse du CC • Interactions entre espèces, entre facteurs environnementaux
Les politiques d'adaptations envisageables à court terme (2030) et moyen terme (2050)	<ul style="list-style-type: none"> • Poursuivre les suivis de la forêt existants, les améliorer/compléter et faire le lien avec le CC • Mettre en place une sylviculture plus durable et plus proche du fonctionnement naturel de l'écosystème : respecter l'adéquation essence X station avec prise en compte de la perspective du CC, augmenter la diversité à la fois spécifique, génétique et de structure, utiliser des méthodes d'exploitation respectueuse, etc. • Mettre en place un système de surveillance et de suivi relié à un système de gestion de crise (aléas climatiques, maladies et parasites) • Réguler les populations de grand gibier • Poursuivre les suivis des espèces exotiques invasives existants, les améliorer/compléter, et mettre en place un programme de gestion précoce (en vue d'éradication)
...en distinguant les politiques « sans regrets » des politiques additionnelles	<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit beaucoup de mesures « sans regrets », qui se mettent déjà en place actuellement (sylviculture dynamique, systèmes de surveillance et de suivi, etc.). Il est très important que ces politiques soient considérées dans une optique de flexibilité et de gestion adaptative. • Le respect de l'adéquation essence X station est un problème sensible. Il est imposé par le code forestier, par rapport aux conditions actuelles dans le cadre du renouvellement des peuplements forestiers. Or, étant donné le délai élevé entre la plantation et l'exploitation, il est important de prendre en compte dès maintenant les conditions futures. L'incertitude qui règne sur ces dernières rend le choix difficile et présente un risque. • La mise en place de programmes de recherche spécifiques au CC, l'adaptation de stratégies existantes et la mise en place d'un programme de sensibilisation engendreront des coûts additionnels.
Les besoins d'adaptation se profilant à long terme (2085)	<ul style="list-style-type: none"> • Changer radicalement les peuplements (remplacement progressif des arbres par de nouvelles provenances voire espèces) si nécessaire • Conserver les espèces trop proches de l'extinction : conservation ex situ (espèces forestières en général : herbacées, etc.) • Transplanter les espèces trop proches de l'extinction : relocalisation assistée (espèces forestières en général : herbacées, etc.) (mesure de dernière extrémité)
Les spécificités régionales	<ul style="list-style-type: none"> • La surpopulation de grand gibier qui fragilise l'équilibre de l'écosystème forestier. • La proportion importante de forêts privées et l'importance de sensibiliser les propriétaires privés à agir. •

Les outils existants	<ul style="list-style-type: none"> • Outils régionaux : code forestier, IPRFW, OWSF, comptoir à graines, guide du boisement, fichier écologique des essences, plans d'aménagement forestier, cahier des charges des exploitants, plans de tir • Outils européens : Natura 2000 • Outils internationaux : certifications forestières
Les acteurs principalement concernés	<ul style="list-style-type: none"> • Service Public de Wallonie (DNF) • Propriétaires privés • ASBL : Société Royale Forestière de Belgique (SRFB), Forêt wallonne • Exploitants • Chasseurs • Universités • Parcs naturels • Acteurs de la filière bois
Les outils à inventer et les nouveaux acteurs à impliquer	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositif de gestion de crise pour les tempêtes, maladies et parasites • Système de gestion adapté aux aléas climatiques (coupe-feux, etc.) • Programme de sensibilisation au CC

Fiche	Santé
Thèmes en lien	Santé / Aménagement du territoire
Les besoins préalables en termes de connaissances	<p>Le besoin de recherche est très important. Les effets du changement climatique sur la santé sont incertains, surtout en ce qui concerne les impacts indirects et/ou lorsque d'autres facteurs interviennent. La recherche devra donc fournir des informations quant aux risques sanitaires précis liés au changement climatique. Quelques priorités :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recherches relatives aux populations vulnérables (enfants, personnes malades et/ou âgées, personne en situation de handicap,...) • L'amélioration de la connaissance sur les maladies à vecteur • L'amélioration de la connaissance sur les maladies liées à la nourriture
Les politiques d'adaptations envisageables à court terme (2030) et moyen terme (2050)	<p>Les mesures d'adaptation à court terme doivent être réellement implantées pour permettre d'anticiper sur l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des périodes caniculaires (ex : une canicule type 2003 une année sur deux en 2050) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1. Développer et renforcer la gestion sanitaire des épisodes caniculaires par : <ul style="list-style-type: none"> - Adaptation des constructions, neuves et anciennes (rénovation) : architecture bioclimatique (volants thermiques, isolation renforcée, rafraîchissement naturel, etc.), plantations horizontales et verticales et autres espaces verts comme source d'ombre et de fraîcheur..., via notamment des cahiers des charges exigeants et une nouvelle réglementation. Des experts de santé sont indispensables dans l'élaboration de nouvelles réglementations urbanistiques. - Modernisation des hébergements spécialisés dans l'accueil des personnes fragiles, malades et âgées et des écoles (systèmes de climatisation) - Amélioration des conditions de transports publics et de leur accès - Mesures favorisant les changements de rythme de vie en temps de canicules (horaires de travail, d'ouverture des magasins etc.) devront être prises : • 2. Poursuivre et développer la gestion des effets indirects du CC sur la santé (allergies, asthme, intoxication alimentaire) • 3. Développer la recherche et la prévention pour les maladies à vecteurs et celles liées à la contamination de la nourriture

<p>...en distinguant les politiques « sans regrets » des politiques additionnelles</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit de politiques « sans regrets » au regard des surcoûts sociaux et économiques liés à la gestion de crise ; • En politique additionnelle, un plan pluriannuel de surveillance et d'intervention de gestion des périodes caniculaires ; • La conception actuelle des bâtiments doit être revue sous l'angle du bio-climatisme. Les ruptures techniques doivent systématiquement s'inscrire dans une conception globale et intégrée (programme architectural et technique) sans engendrer de surcoûts et en intégrant des experts de santé (p. ex. des grandes vitres exposées plein sud et qui évitent la chaleur de s'en aller sont un danger sanitaire à très court terme étant donné les canicules ; • Pour les transports, tant au niveau des infrastructures que des équipements, il s'agit de politiques "sans regrets". La durabilité des infrastructures limitera leurs coûts d'entretien et de renouvellement. Le confort des équipements qui devra viser des processus économes favorisera leur fréquentation par les usagers ; • Renforcer les contrôles au niveau de la chaîne de distribution alimentaire (Respect de la température dans la chaîne alimentaire), au niveau des industries mais aussi au niveau des acteurs qui sont à la fin de la chaîne de distribution (ex. les vendeurs de glace).
<p>Les besoins d'adaptation se profilant à long terme (2085)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Continuer la surveillance des maladies (potentiellement) émergentes et de leurs vecteurs et émettre des recommandations, voire proposer des actions à long terme.
<p>Les spécificités régionales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • une population âgée et donc fragile, caractéristique qui va se renforcer (l'indice de vieillissement dépassera 100% en 2016); • Différence entre les régions géographiques en Wallonie : L'Ardenne compte plus de végétation, moins de grandes villes et la région limoneuse compte plus de grandes villes, moins de végétation et plus de pollution.
<p>Les outils existants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plan fédéral « vague de chaleur et pics d'ozone » • Plan d'action « Air-Climat » de l'AWAC • Plan Grand Froid 2010-2011 de la Wallonie • Maladies à déclaration obligatoire et plaquettes informatives de l'ISP (à diffuser au grand public) • Cellule CELINE • Le PARES (Plan Régional Environnement-Santé) • Le Plan National d'Action Environnement Santé belge (NEHAP)
<p>Les acteurs principalement concernés</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Le Service Public de Wallonie • L'Institut scientifique de Santé Publique • Les acteurs de la santé : médecins, urgentistes, chercheurs, taxonomistes, vétérinaires... • L'observatoire Wallon de la Santé • La cellule CELINE • La SNCB, les TEC • Les différentes universités et centres de recherche

<p>Les outils à inventer et les nouveaux acteurs à impliquer</p>	<ul style="list-style-type: none">• Mettre en place en Wallonie une structure qui centralise les recherches menées (Pro-activité de la recherche et cohérence entre les acteurs de terrain)• Généraliser les efforts d'adaptation à la chaleur d'été des bâtiments publics• Impulser des concours d'urbanisme et/ou d'architecture bioclimatique avec aspect santé pris en compte• Soutenir l'innovation visant l'adaptation à la chaleur par des systèmes passifs ou à basse consommation d'énergie dans l'habitat et les véhicules de transports collectifs et individuels• Systématiser des programmes de plantations d'arbres sur les aires de stationnement et le long des voies de déplacement : « on plante aujourd'hui pour le changement climatique de demain »• Mise en place dans chaque formation, initiale et continue, d'un module sur la problématique du CC• Former les personnels de santé et de secours à des conditions extrêmes (inondations, canicules, sécheresse,...)• Faire un monitoring des ressources attribuées : voir les changements qu'elles provoquent et réattribuer les ressources dans le cas contraire
---	---

Fiche	Ressources en eau
Thèmes en lien	Biodiversité / Agriculture / Energie
Les besoins préalables en termes de connaissances	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation de l'efficacité des différents outils et mesures mis en place
Les politiques d'adaptations envisageables à court (2030) et moyen termes (2050)	<ul style="list-style-type: none"> • 1. Assurer sur la disponibilité de la ressource et adapter la gestion de l'offre et de la demande à la nouvelle donne climatique • 2. Poursuivre et intensifier les efforts entrepris pour assurer la qualité des eaux souterraines et de surface. • 3. Lancer des études afin d'évaluer l'efficacité des différents outils et mesures mis en place • 4. Assurer la coopération transfrontalière
...en distinguant les politiques « sans regrets » des politiques additionnelles	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures « sans regrets », impacts positifs pour la biodiversité, le secteur de l'agriculture ainsi que sur le secteur industriel et énergétique
Les besoins d'adaptation se profilant à long terme (2085)	<ul style="list-style-type: none"> • Réorganiser l'extraction d'eau sur base de la disponibilité en eaux souterraines et sur base des débits et de la qualité de l'eau des cours d'eau • Construire de nouveaux dispositifs de protection contre les inondations (rehaussement des murs de protections, dispositifs de stockage...)
Les spécificités régionales	<ul style="list-style-type: none"> • Opposition entre le nord du sillon Haine Sambre et Meuse plus pollué et le sud moins pollué • Différence de comportement selon les nappes
Les outils existants	<ul style="list-style-type: none"> • Scaldwin • MAE • Guide méthodologique pour le choix d'aménagements appropriés en matière de conservation des sols et des eaux • PGDA • Bonnes pratiques agricoles (conditionnalité des aides du 1er pilier) • Cartographie des zones à risque d'érosion diffuse, des zones à risque de ruissellement diffus et des zones à risque de ruissellement et d'érosion concentrés • Plan PLUIES • Qualvados • Mesures piézométriques • Contrat rivière
Les acteurs principalement concernés	<ul style="list-style-type: none"> • UE • SPW • Communes • Gestionnaire de la distribution d'eau • Acteurs économiques (secteur agricole, industriel, de la navigation intérieure...) et citoyens

Thème	Energie
Les besoins préalables en termes de connaissances	<ul style="list-style-type: none"> • Prise en compte de la thématique de l'adaptation au niveau du forum pentalatéral et dans les parcs interconnectés (baisse de la capacité des infrastructures en cas de fortes chaleurs, possibles baisses de la production dans les pays fortement dépendants du nucléaire et du thermique si pénuries en eaux de refroidissement). • Question des eaux de refroidissement à Tihange et dans les centrales thermiques face à l'évolution projetée du climat. • Impact possible du réchauffement sur les infrastructures énergétiques, hors production (capacité de transport/distribution, transfos, ...) • Impact des modifications projetées du climat sur la productivité des sources d'énergie renouvelables (éolien, solaire, biomasse, hydraulique)
Les politiques d'adaptations envisageables à court (2030) et moyen termes (2050)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 : Politique spécifique de contrôle de la hausse de la demande électrique à des fins de climatisation/refroidissement pendant les mois chauds • 2 : Analyse des risques liés à la diminution de la disponibilité en eaux de refroidissement (voir « besoins préalables », ci-dessus) • 3 : Analyse des risques de baisse de capacités des infrastructures (transport, distribution, transformation) dues à la hausse du nombre et de l'intensité des périodes de fortes chaleurs – Wallonie • 4 : Analyse des risques de baisse de capacités des infrastructures (production, transport, distribution, transformation) dues à la hausse du nombre et de l'intensité des périodes de fortes chaleurs – Parcs interconnectés • 5 : Etude relative à l'évolution projetée de la productivité des différentes sources d'énergie renouvelable (< Δ vitesse moyenne du vent, nébulosité, croissance biomasse, Δ régimes fluviaux) • 6 : Communication/sensibilisation : diffusion ciblée des résultats des projections et de leurs impacts attendus chez tous les acteurs (institutionnels, ménages, tertiaire, industrie, professionnels de l'énergie et du secteur électrique en particulier) • 7 : Modification/renouvellement des réseaux de distribution et transport, révision de la gestion de la demande, R&D relative au stockage de l'électricité. Essentiel mais pas spécifique à l'adaptation. Pas abordé ici).
...en distinguant les politiques « sans regrets » des politiques additionnelles	<ul style="list-style-type: none"> • 1 : En grande partie sans regret car concourt à une politique globale de maîtrise/réduction de la demande énergétique, inévitable dans le cadre des politiques d'atténuation et s'accompagnant d'économies financières pour le tertiaire et les ménages (possiblement aussi pour l'industrie ?). A affiner par une étude préparatoire ? • 2, 3, 4, 5, 6 : coûts limités (groupes de travail, analyses, éventuellement études) • 7 : Coûts extrêmement élevés mais inévitables en raison de la modification du parc, causée par le CC mais aussi par des impératifs de sécurité d'approvisionnement, d'anticipation de la hausse des coûts des combustibles fossiles, etc
Les besoins d'adaptation se profilant à long terme (2085)	<ul style="list-style-type: none"> • Fonction des résultats des analyses et études demandées

Les spécificités régionales	Parmi les spécificités de la région on notera : <ul style="list-style-type: none"> • un acteur privé fortement concerné par la question des eaux de refroidissement (Electrabel) • forte interconnectivité du réseau électrique avec les pays voisins
Les outils existants	<ul style="list-style-type: none"> • Directive PEB • Directive Ecodesign • Plan pour la Maîtrise durable de l'énergie en Région wallonne (+ actualisation) • Plan Air-Climat Wallonie • Permis d'environnement des centrales électriques (Tihange en particulier) • Littérature scientifique nationale et internationale en matière de refroidissement passif, free-cooling, etc. • Expériences étrangères – benchmarking
Les acteurs principalement concernés	<ul style="list-style-type: none"> • Gouvernement wallon, DGO4, DGARNE, CwapeInstitutions européennes (directive PEB, atténuation, politiques énergétiques, etc) • Gouvernement fédéral (engagements ER internationaux, réseau de transport, législation sur la sortie du nucléaire, ...) • Acteurs du transport et de la distribution : ELIA et GRD • Producteurs, en particulier Electrabel (< Tihange) • Secteur de la construction • Secteur de la distribution (< systèmes de climatisation, etc) • Acteurs concernés par la chaîne du froid (industrie, commerces)
Les outils à inventer et les nouveaux acteurs à impliquer	A définir, mais des outils de 3 types au moins seront nécessaires : <ul style="list-style-type: none"> • Outils législatifs et réglementaires (conditionnement d'air, permis d'urbanisme et d'environnement, etc) • Diffusion de l'information (communication/sensibilisation) • Connaissances/ recherche Implication de nouveaux acteurs : à définir

5 Vers un plan d'action

5.1 Organisation du plan d'action

Le travail d'identification des pistes d'adaptation a été suivi par la **réalisation pour chacun des secteurs, d'un répertoire de mesures**. Les mesures ont été discutées et réajustées lors d'une large consultation ouverte à la fois aux services publics et à un large panel d'acteurs (professionnels, syndicats...). Le répertoire se présente sous deux formes : un répertoire détaillant les mesures par secteur (nécessaire à l'implémentation des mesures et figurant en annexe), un répertoire présentant les mesures selon les orientations stratégiques définies précédemment et rendant ainsi compte des priorités (présenté ici).

Les mesures sont hiérarchisées de la manière suivante (avec quelques variations dans l'organisation selon les tableaux) :

Fiches en lien avec la mesure

Une mesure peut être liée à plusieurs secteurs. On indique donc dans cette rubrique les secteurs auxquels se rattache la mesure si besoin est.

Secteur d'application de la mesure

Secteur dans lequel la mesure a vocation à être implémentée

Type de mesure

Les mesures proposées relèvent de plusieurs types d'action possible :

- **Institutionnel** : des mesures relatives à la gouvernance et à l'organisation institutionnelle.
- **Communication, sensibilisation** : des mesures visant à communiquer sur les enjeux du changement climatique et à sensibiliser différentes catégories d'acteurs à cette problématique.
- **Législatif et réglementaire** : des mesures visant à adapter, faire évoluer ou créer des textes réglementaires, lois, normes pour faciliter une meilleure prise en compte des effets du changement climatique.
- **Connaissance, recherche** : des mesures visant à faire progresser la connaissance des impacts du changement climatique sur le secteur et des marges de manœuvre de ce secteur et à encourager la recherche scientifique dans ces domaines.
- **Technique** : des mesures d'ordre technique s'appuyant sur des compétences opérationnelles des professionnels du secteur.

Mesure

Cette case décrit la mesure proposée de façon globale, en référence aux orientations retenues.

Activités

Cette case décline la mesure en activités concrètes qui vont permettre de la mettre en œuvre.

Initiation et coordination

Cette rubrique identifie la structure qui devra se saisir de la mesure et s'assurer de sa réalisation. Elle aura en charge de désigner une personne responsable de l'action, de

réunir les personnes ou structures qui devront participer à l'action et de vérifier que chaque personne/ structure remplit bien son rôle afin de mener l'action à son terme.

Organismes concernés

Chaque mesure implique la participation de plusieurs structures. Cette participation peut se faire sous forme d'une participation à un groupe de travail, de prise en charge de l'une des activités liées à la mesure ou d'apport d'information permettant de mettre en œuvre la mesure.

Indicateurs d'évaluation et suivi de la mesure

Cette case propose des indicateurs simples qui pourraient être utilisés pour vérifier la bonne mise en œuvre de la mesure. Ils doivent nécessairement s'intégrer dans un dispositif de suivi et d'évaluation

Indicateurs de suivi de l'impact et sa source

Il se peut que l'indicateur pris en compte dans l'étude d'une vulnérabilité ne soit pas lié directement aux indicateurs retenus en phase 1 (indicateurs de référence / indicateurs élaborés). Dans ce cas, on précise quel est cet indicateur et où les données peuvent être collectées (ex : suivi de l'espèce X/ Observatoire X).

Echéance

Il s'agira d'indiquer l'horizon de mise en œuvre de la mesure envisagée.

Périmètre d'application prioritaire

L'ensemble des mesures s'inscrivent dans un plan d'action régional. Cependant, certaines mesures peuvent ne concerner que certaines sous-régions. Il conviendra de le préciser (exemple du risque karstique).

Synergie/convergence avec l'atténuation

Il s'agit de préciser :

- si la mesure est compatible avec une stratégie d'atténuation ;
- si la mesure est en contradiction avec l'atténuation mais absolument nécessaire pour réduire la vulnérabilité.

5.2 La vision stratégique du plan

Fiches en lien avec la mesure	Secteur d'application de la mesure	Type de mesure	Mesure	Activités pour mettre en œuvre la mesure	Initiation et coordination	Organismes concernés	Indicateur d'évaluation et suivi de la mesure	Indicateur de suivi de l'impact et sa source	Échéance	Périmètre d'application prioritaire	Convergence / Synergie avec l'atténuation
I.1 Renforcer la gestion des impacts de l'eau et de ses extrêmes sur le territoire											
a. Lutter contre l'accroissement du risque inondation											
Aménagement du territoire et infrastructures	Aménagement du territoire et infrastructures	Législatif et réglementaire	Créer un règlement régional d'urbanisme spécifique aux zones inondables	Rendre obligatoire l'intégration de la carte d'aléas d'inondation dans certains plans d'aménagement.	SPW	SPW, communes	Arrêté du Gouvernement wallon, SPW	Evolution de la cartographie zones d'aléas d'inondations	Dès maintenant	Zones d'aléas d'inondations sévères	
Aménagement du territoire et infrastructures / eau / Biodiversité	Aménagement du territoire et infrastructures	Législatif et réglementaire	Imposer une réglementation sur l'utilisation de matériaux permettant l'infiltration de l'eau dans les sols	Promouvoir l'utilisation de pavés, briques, dalles alvéolées en béton et substrat engazonné, bétons et bitumes poreux, fossés végétalisés, puits d'infiltration, parking constitués de graviers etc. Renforcer la politique régionale en matière de densification des centres urbains et villageois	SPW	SPW, communes	Arrêté du Gouvernement wallon, SPW		Dès maintenant		Possible conflit avec l'adaptation dans le cadre de la densification des centres urbains (îlots de chaleur)
Aménagement / eau	Eau	Législatif et réglementaire	Ajuster le plan PLUIES de manière cohérente avec les résultats de l'étude CC et en lien avec les autres études en cours	Réévaluer la cohérence du plan PLUIES en lien les projections et en fonction des résultats des études d'impacts en cours. Proposer de nouvelles mesures en fonction.	SPW	SPW, communes	Nombre de mesures réajustées ou créées en lien avec les connaissances sur le CC		Court terme	Zones à aléas d'inondations sévères	
Aménagement du territoire et infrastructures	Aménagement du territoire et infrastructures	Législatif et réglementaire	Mettre en place des incitations financières pour promouvoir les travaux d'adaptation des particuliers	Proposer des incitations visant le rehaussement des prises et des système de chauffage, l'utilisation de matériaux plus résistants à l'humidité, des dispositifs de protection individuels.	SPW	SPW, assureurs, citoyens	Nombre de primes à l'adaptation créées et perçues		Court terme	Zones d'aléas d'inondations sévères	
b. Lutter contre l'amplification annoncée de l'érosion des sols agricoles											
Agriculture / Biodiversité / eau	Agriculture	Législatif et réglementaire	Renforcer les obligations en matière de pratiques agricoles dans la conditionnalité des aides	Adapter conditionnalité des aides (code de bonnes pratiques)	Cabinet du Ministre de l'Agriculture/DGARNE	Agriculteurs, organismes de contrôle, experts		source multifactorielle	Court terme	Zones de grandes cultures	préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
Agriculture / Biodiversité / eau	Agriculture	Technique	Renforcer la place du CC dans la définition du cadre et l'évaluation des MAE	Prendre en compte la perspective CC dans l'évaluation effectuée par le GIREA et définir un cadre d'orientation stratégique plus ancré sur le CC.	SPW notamment DGARNE	DGARNE, acteurs de la recherche (Ulg - Fusagx, UC - Girea, L. ULB), Inter-Environnement Wallonie, FWA, Fugea	Pertes en sol (évolution)	Etat de conservation des sols	Court terme	Zones de grandes cultures	préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
Agriculture / Biodiversité / eau	Agriculture	Technique	Poursuivre le ciblage des MAE et proposer de nouvelles mesures spécifiques "érosion des sols"	En plus des mesures ciblées existantes, donner la possibilité de développer des MAE propres aux bassins versants. Associer la cellule GISER au ciblage des mesures et à l'élaboration des mesures spécifiques "érosion des sols".	Cabinet du ministre de l'Agriculture, SPW, UE	UE, SPW, Girea	Nombre d'agriculteurs faisant appel à la subvention Nombre d'agriculteurs en mesures ciblées	Etat de conservation des sols	Court terme	Zones de grandes cultures	préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
Agriculture / Biodiversité / eau	Agriculture	Technique/ Législatif et réglementaire	Améliorer et diffuser les bonnes pratiques de gestion du couvert végétal, de travail du sol et les mesures hydrauliques douces	Lever des contraintes pour augmenter le nombre de participants aux MAE et autres dispositifs incitatifs	Cabinet du Ministre de l'Agriculture, SPW notamment DGARNE	UE, SPW, acteurs de la recherche acteurs de la recherche (Ulg - Fusagx, UC - Girea, L. ULB), organismes certifiés pour les mesures ciblées, Inter-Environnement Wallonie, FWA, Fugea	A définir	Etat de conservation des sols	Court terme	Zones de grandes cultures	préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
c. Evaluer les risques géotechniques(en lien avec l'eau) pesant sur le cadre du bâti et les infrastructures											
Aménagement du territoire et infrastructures	Aménagement du territoire et infrastructures	Connaissance, recherche	Evaluer le risque karstique en Wallonie en lien avec le CC	Commander une étude sur l'évaluation et la cartographie du risque dans une perspective de CC	SPW	SPW, les acteurs de la recherche	Résultats de l'étude engagée	Evolution de la cartographie des territoires à fort aléa de risque karstique	Court terme	Zones d'aléas du risque karstique	
Aménagement du territoire et infrastructures	Aménagement du territoire et infrastructures	Connaissance, recherche	Evaluer les autres risques géotechniques (retrait-gonflement d'argiles- mouvements de terrain)	Élaborer des cartes wallonnes des risques pour les autres types de risques comme le retrait-gonflement.	SPW	SPW, les acteurs de la recherche	Part du territoire wallon cartographié	Evolution de la cartographie des territoires à fort aléa de retrait gonflement d'argile	Court terme		
Aménagement du territoire et infrastructures	Aménagement du territoire et infrastructures	Connaissance, recherche	Informier et former les architectes sur le changement climatique	Intégrer la dimension des changements climatiques dans l'apprentissage du métier d'architecte.	SPW, Communauté Française	SPW, Etablissements scolaires, centres de formations...	Nombre de cursus de formation des architectes intégrant le CC	A définir	Court terme	Zones d'aléas de retrait-gonflement des argiles	évaluer le contenu énergétique des intrants
Aménagement du territoire et infrastructures	Aménagement du territoire et infrastructures	Technique, Législatif et réglementaire	Adapter les normes et les règlements de la construction dans les zones à risques en fonction des résultats des études	Intégrer la variable changement climatique (adaptation des fondations, des murs porteurs, joints souples...) pour les zones à risque	UE, SPW	Secteur de la construction	A définir	A définir	Court terme	Zones d'aléas de retrait-gonflement des argiles	

Fiches en lien avec la mesure	Secteur d'application de la mesure	Type de mesure	Mesure	Activités pour mettre en œuvre la mesure	Initiation et coordination	Organismes concernés	Indicateur d'évaluation et suivi de la mesure	Indicateur de suivi de l'impact et sa source	Échéance	Périmètre d'application prioritaire	Convergence / Synergie avec l'atténuation
d. Anticiper les risques de perturbations de transport											
Aménagement du territoire et infrastructures	Aménagement du territoire et infrastructures	Législatif et réglementaire	Limiter dans le temps les perturbations du réseau de transport qui pourraient être engendrées par les aléas climatiques (crues, inondations, instabilités de terrain...)	Au préalable effectuer un bilan, et établir ensuite des plans d'action pour limiter dans le temps des perturbations des réseaux de transport dues aux CC	Etat belge, SPW	SPW, provinces, communes, des gestionnaires de réseaux, des opérateurs de transport,	A définir	A définir	Court terme	Les principaux axes de communications	
Aménagement du territoire et infrastructures	Aménagement du territoire et infrastructures	Connaissance, recherche	Lancer un programme de recherche sur les pistes d'adaptation des infrastructures de transport au CC	A définir	Etat belge, SPW	les acteurs de la recherches et les gestionnaires des réseaux de transport	A définir	A définir	Court terme		évaluer le contenu énergétique des intrants
I.2 Renforcer et adapter la gestion des ressources en eau dans une optique de changement climatique											
a. Prévenir les risques liés à une baisse de la ressource en eau											
Eau	Eau	Législatif et réglementaire	Inclure le CC dans le plan de Gestion de la DCE (maintien de la disponibilité, bon état écologique)	Envisager le maintien de la disponibilité dans une optique de changement climatique et donc de possible déséquilibre de la ressource. Atteindre également le bon état écologique	UE, SPW	SPW	A définir	Indicateurs du plan	Court terme	masses d'eau pour lesquelles les objectifs d'atteinte du bon état ne pourront être atteints pour 2015	
Eau	Eau	Législatif et réglementaire, technique	Renforcer la gestion des débits minimum	Mettre en place des outils permettant de garantir les débits minimum au cours du temps / moduler les autorisations de prélèvement.	UE, SPW	SPW	A définir	Mesure des débits minimum sur les cours d'eau	Court terme	A définir	contrainte sur la production hydro-électrique à évaluer
Energie / eau	Energie	Connaissance, recherche	Créer un groupe de travail en vue d'améliorer les connaissances sur la diminution de la disponibilité en eaux de refroidissement en période estivale	Mettre en place d'un groupe de travail (le « Comité Meuse », qui rassemble les producteurs électriques concernés et les départements du Service Public de Wallonie concernés par la gestion des eaux de surface, pourrait servir de base) destiné à faire le point sur les risques pour l'environnement.	DGRNE ?	DGRNE, DGO4?, Electrabel, autres producteurs?, autres?	à définir	à définir	Court terme	//	non
b Poursuivre et intensifier les efforts entrepris pour assurer la qualité des eaux souterraines et de surface											
Eau	Eau	Législatif et réglementaire, technique	Evaluer et renforcer la lutte contre la pollution azotée	Attendre les résultats de l'évaluation des mesures du PGDA et renforcer l'optique CC si nécessaire	UE, SPW	SPW	A définir	Indicateurs du plan	Dès maintenant	Nord de sillon Sambre et Meuse	diminution potentielle des émissions de la production d'engrais azotés
c Adapter la gestion de l'offre et la demande à la nouvelle donne climatique											
Eau	Eau	Législatif et réglementaire	Promouvoir l'utilisation rationnelle de l'eau et revoir le mode de financement d'entretien des réseaux	adapter la fiscalité de l'eau	UE, SPW	SPW	A définir	A définir	Court terme		
Eau	Eau	Institutionnel	Renforcer la gouvernance et la gestion concertée au niveau transfrontalier / prévenir les risques de conflits d'usage	Adopter une approche coordonnée au niveau du bassin hydrographique	UE, SPW	UE - SPW	A définir	A définir	Court terme	bassins hydrographiques transfrontaliers	
II.S'adapter à la chaleur en ville et dans l'espace public											
a. Renforcer la gestion sanitaire des épisodes caniculaires et des effets indirects du réchauffement (intoxications alimentaires, allergies)											
Santé	Santé	Connaissance, Législatif et réglementaire	Renforcer le plan fédéral "vagues de chaleur et pics d'ozone" phase avertissement et alerte	Créer des cartes de risque et rendre obligatoire au niveau des zones à risques la mise à jour des listes de personnes vulnérables.	SPW, ISP, Provinces, Communes	SPW	Regarder l'évolution de la mortalité observée par rapport à la mortalité attendue lors des jours de fortes chaleurs (en particulier parmi les personnes à risque)		Court terme		Limitation de l'installation de systèmes de climatisation énergivores sinon contradiction
Santé	Santé	Législatif et réglementaire - Institutionnel	Renforcer le plan fédéral "vagues de chaleur et pics d'ozone" phase alerte par la mise en place de mesures favorisant les changements de rythme de vie	Réviser les arrêtés sur les horaires d'ouverture des établissements publics et privés et réviser les règlements intérieurs et contrats de travail (écoles, entreprises, administration) pour permettre l'adaptation des horaires en période de canicule.	Etat belge	Etablissements scolaires, entreprises, administrations,...	Voir si des arrêtés ont été créés et sont respectés (contrôle)		Court terme		Limitation de l'installation de systèmes de climatisation énergivores sinon contradiction

Fiches en lien avec la mesure	Secteur d'application de la mesure	Type de mesure	Mesure	Activités pour mettre en œuvre la mesure	Initiation et coordination	Organismes concernés	Indicateur d'évaluation et suivi de la mesure	Indicateur de suivi de l'impact et sa source	Échéance	Périmètre d'application prioritaire	Convergence / Synergie avec l'atténuation
Santé / Aménagement du territoire	Santé	Connaissance, recherche	Intégrer l'objectif « rafraîchissement naturel » ou assisté dans les transports collectifs	A définir	SPW	TEC...	A définir	A définir	Court terme	Les centres urbains	oui
Santé	Santé	Connaissance, recherche	Soutenir des programmes de recherche permettant d'améliorer la connaissance des effets des canicules sur la santé	Soutenir des recherches établissant les conséquences des températures élevées, des vagues de chaleur, du changement de la qualité de l'air sur les maladies cardiovasculaires, les AVC et les maladies respiratoires.	SPW, Communauté Française, Belspo	Acteurs de la recherche	Regarder les résultats des recherches et les financements mis dans la recherche		Court terme		
Santé	Santé	Législatif et réglementaire	Renforcer les contrôles sur les normes de température au niveau de la chaîne de distribution alimentaire	S'assurer que la réglementation de la chaîne alimentaire soit suivie, de l'industrie au consommateur pour éviter l'augmentation du risque d'intoxication alimentaire	SPW	ISP, Professionnels de la santé, AFSCA	Nombre de contrôles effectués dans les chaînes de distribution alimentaire		Court terme		
Santé	Santé	Communication, Sensibilisation	Renforcer la prévention faite par l'ISP sur les maladies liées à la nourriture	Renforcer les campagnes d'information, surtout en été en diffusant les plaquettes informatives de l'ISP; Encourager une certaine hygiène au niveau de la chaîne du froid	SPW	ISP, Professionnels de la santé	Financement public	Regarder l'évolution du nombre de cas de maladies à vecteur et des maladies liées à la contamination de la nourriture	Court terme		
Santé	Santé	Législatif et réglementaire	Renforcer le dispositif de surveillance et d'alerte du plan fédéral "vagues de chaleur et pics d'ozone" et le plan d'action "Air-Climat" de l'AWAC sur les allergènes	Réduire l'exposition aux allergènes (intégrer les informations météorologiques et celles sur le pollen en installant des nouveaux systèmes de monitoring et d'alerte (ex: dispersion spatiale de l'ambrosie)	SPW	CELINE, IRM, ISP	Regarder l'évolution de la mortalité observée par rapport à la mortalité attendue par asthme, du nombre de cas d'asthme et d'allergies, et de la gravité de ces affections		Court terme		
Santé	Santé	Connaissance, recherche	Soutenir des programmes de recherche pour anticiper les risques du CC sur la qualité de l'air	Soutenir des études visant à établir la relation entre le CC, la composition des mélanges des polluants et allergisants de l'air et les maladies liées à l'air	SPW, Communauté Française, Belspo,...	Acteurs de la recherche	Regarder les résultats des recherches et les financements mis dans la recherche		Court terme		
b. Anticiper les risques liés aux vagues de chaleur dans l'urbanisme, l'habitat et les infrastructures de transport											
Aménagement du territoire et infrastructures / santé / Biodiversité	Aménagement du territoire et infrastructures	Technique, Législatif et réglementaire	Renforcer le dispositif des primes au niveau des habitations individuelles pour promouvoir le refroidissement passif	Proposer des dispositifs incitatifs : refroidissement passif, régulation et labellisation des systèmes de refroidissement individuel, toitures végétalisées, favoriser l'albédo... Adapter les règlements régionaux et communaux à cet effet	SPW	les acteurs de l'aménagement, les architectes, les citoyens	Evolution du nombre de primes à l'adaptation créées et perçues		Court terme	Les centres urbains	évaluer le contenu énergétique des intrants
Aménagement du territoire et infrastructures / santé	Aménagement du territoire et infrastructures	Technique, Législatif et réglementaire	Aider prioritairement la modernisation des établissements accueillant des personnes vulnérables (hôpitaux, maisons de retraite...)	Etablir des cahiers des charges stricts et un renforcement de la réglementation pour ce type de bâtiments	SPW	les acteurs de l'aménagement, les architectes, les maisons de retraites, les hôpitaux	A définir	A définir	Court terme	Les centres urbains	évaluer le contenu énergétique des intrants
Aménagement du territoire et infrastructures / santé / Biodiversité	Aménagement du territoire et infrastructures	Législatif et réglementaire	Prendre en compte le phénomène d'îlot de chaleur dans les documents de planification urbaine (espaces verts, espaces d'eau, orientation des rues...)	Adapter les documents de planification urbaine	SPW	les acteurs de l'aménagement, les architectes, les citoyens	A définir	A définir	Court terme	Les centres urbains	oui
Aménagement du territoire et infrastructures / Santé	Aménagement du territoire et infrastructures	Législatif et réglementaire, Connaissance, recherche	Evaluer le risque d'îlot de chaleur, favoriser les constructions bioclimatiques dans le cadre de la conception des nouveaux projets d'aménagement et notamment au travers des études d'incidence	Inclure le risque d'îlots de chaleur urbaine au niveau de la conception des nouveaux projets d'aménagement et au niveau des études d'incidences	SPW	les acteurs de l'aménagement, les architectes	A définir	A définir	Court terme	Les centres urbains	oui
Aménagement du territoire et infrastructures	Aménagement du territoire et infrastructures	Connaissance, recherche	Lancer un groupe d'étude pour penser le revêtement des sols	Lancer un groupe d'étude sur le lien entre les revêtements de sol et le phénomène d'îlot de chaleur urbain en Wallonie	SPW	les acteurs de la recherches	A définir	A définir	Court terme	Les centres urbains	évaluer le contenu énergétique des intrants

Fiches en lien avec la mesure	Secteur d'application de la mesure	Type de mesure	Mesure	Activités pour mettre en œuvre la mesure	Initiation et coordination	Organismes concernés	Indicateur d'évaluation et suivi de la mesure	Indicateur de suivi de l'impact et sa source	Échéance	Périmètre d'application prioritaire	Convergence / Synergie avec l'atténuation
III. Renforcer la préservation de la biodiversité et améliorer la résilience des écosystèmes et agrosystèmes											
a. Développer et gérer le réseau écologique dans une perspective de changement climatique											
Biodiversité	Biodiversité	Législatif et réglementaire	Revoir les stratégies de conservation, de gestion et de suivi de la biodiversité existantes dans une optique de gestion dynamique en lien avec le CC / Inclure les CC dans la stratégie de la biodiversité	Analyser tous les plans de gestion de la biodiversité existants avec la perspective du CC et y inclure cette composante (Natura 2000, parcs naturels). Favoriser une vision dynamique de la nature par rapport à la vision statique actuelle. Poursuivre les programmes de suivi actuels de la biodiversité. Poursuivre les suivis des données climatiques. Mettre en lien l'évolution de la biodiversité avec l'évolution des paramètres climatiques.	SPW	Tous les organismes impliqués dans la gestion de la biodiversité (DNF, DEMNA, Natagora, projets LIFE, etc.)			Dès maintenant		préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
Biodiversité / aménagement	Biodiversité	Institutionnel	Développer une cellule de gestion intégrée de la biodiversité sur l'ensemble du territoire	Créer une cellule capable de coordonner la mise en place des outils normatifs et réglementaires imposant une prise en compte de la gestion de la biodiversité sur l'ensemble du territoire. Mettre en place un système de contrôle et de respect des législations. Par exemple, obligation de consacrer une partie de la surface des zonings industriels à la biodiversité, mesures en zone urbaine pour qu'une certaine proportion de la surface soit consacrée aux espaces verts, obligation d'utilisation d'architecture verte pour les nouveaux bâtiments, mesures pour développer la biodiversité sur les accotements routiers, les talus de chemin de fer, etc. Sensibiliser les acteurs de tous les secteurs à la problématique de la biodiversité et du CC.	SPW	DG01, DG02, privés, communes, UWE, etc.	% de surface consacrée à des espaces verts en ville, nombre de toitures vertes, % de surface des zonings consacrée à la biodiversité, etc. Nombre de personnes sensibilisées.	Indicateurs de connectivité (index IFM, etc.), % de surface de la Wallonie consacrée à des zones de conservation, nombre d'espèces présentes en Wallonie et état des populations (données DEMNA)	Dès maintenant		préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
Biodiversité	Biodiversité	Connaissance, recherche	Reconsidérer les limites et localisation des zones de conservation en tenant compte du CC	Etudier la pertinence du déplacement des limites/localisation des zones de conservation et éventuellement reconsidérer les limites de ces zones Publier l'arrêté de désignation Natura 2000. Gérer et protéger les zones de conservation existantes.	SPW	SPW, acteurs de la recherche	% de surface de la Wallonie consacrée à des zones de conservation, état de conservation des sites	Indicateurs de connectivité (index IFM, etc.), % de surface de la Wallonie consacrée à des zones de conservation, nombre d'espèces présentes en Wallonie et état des populations (données DEMNA)	Dès maintenant		préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
Biodiversité	Biodiversité	Connaissance, recherche	Favoriser des projets au niveau transfrontalier dans le développement du réseau écologique en lien avec le CC	Développer la concertation entre les pays pour la mise en place de zones de conservation et de corridors écologiques. Favoriser les structures et les projets transfrontaliers tels que parcs naturels, projets INTERREG, etc.	SPW	SPF, Benelux, voisins directs	Nombre et surface de parcs naturels, de réserves naturelles, etc. transfrontaliers.	Indicateurs de connectivité (index IFM, etc.)	Dès maintenant		
Biodiversité	Biodiversité	Connaissance, recherche	Soutenir au niveau européen la mise en place d'outils d'évaluation de l'efficacité et de l'efficience des réseaux écologiques	Mettre en place un programme de recherche sur l'efficacité et l'efficience des réseaux écologiques à l'échelle européenne, suivis et monitorings.	UE	Acteurs de la recherche	Evolution des connaissances sur les réseaux écologiques et leurs impacts.		Court terme		
Biodiversité	Biodiversité	Connaissance, recherche	Créer un fond consacré à des programmes de recherche spécifique "Biodiversité et CC"	Mettre en place des programmes de recherche sur la capacité d'adaptation des espèces aux nouvelles conditions environnementales, sur la capacité de migration des espèces par rapport à la vitesse du CC, sur les interactions entre espèces et entre facteurs environnementaux en lien avec le CC et sur les services écosystémiques en terme d'adaptation. Evaluer les impacts sur la biodiversité des mesures d'adaptation mises en place dans les autres thématiques	SPW, UE	Acteurs de la recherche	Evolution des connaissances dans ces domaines.		Court terme		
Biodiversité	Biodiversité	Technique	Assister les espèces qui n'arrivent pas à migrer suffisamment rapidement et qui sont en situation critique (relocalisation assistée)	Mettre en place un programme de surveillance des espèces en situation critique et préparer un programme de migration assistée.	DEMNA	Acteurs de la recherche, DEMNA			Moyen terme		
Biodiversité	Biodiversité	Technique	Conservier les espèces qui n'arrivent pas à migrer suffisamment rapidement et qui sont en situation critique	Mettre en place des mesures de conservation ex situ des espèces qui n'arrivent pas à migrer suffisamment rapidement et qui sont en situation critique : banque de graines, jardins botaniques, etc.	DEMNA	Acteurs de la recherche, DEMNA			Moyen terme		

Fiches en lien avec la mesure	Secteur d'application de la mesure	Type de mesure	Mesure	Activités pour mettre en œuvre la mesure	Initiation et coordination	Organismes concernés	Indicateur d'évaluation et suivi de la mesure	Indicateur de suivi de l'impact et sa source	Échéance	Périmètre d'application prioritaire	Convergence / Synergie avec l'atténuation
b. Développer une sylviculture dynamique et durable											
Forêt	Forêt	Technique, communication et sensibilisation	Augmenter la diversité	Favoriser la diversité spécifique et génétique, ainsi que la diversité de structures et d'âges	DNF	DNF, propriétaires privés, Forêt wallonne, SRFB	Structure des âges des peuplements. Nombre d'espèces au sein d'un massif (données IPRFW)		Dès maintenant		
Forêt	Forêt	Législatif et réglementaire, technique	Respecter l'adéquation essence/écotypes X station	Inclure la perspective des conditions environnementales futures dans le choix des essences lors de plantations.	DNF	DNF, propriétaires privés	% de surface de la forêt wallonne où l'adéquation n'est pas respectée		Dès maintenant	Principalement forêt soumise, forêt privée (sensibilisation)	préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
Forêt	Forêt	Technique, communication et sensibilisation	Diminuer les densités de plantation	Sensibiliser les gestionnaires, inclure cette mesure dans les plans d'aménagement	DNF	DNF, propriétaires privés, Forêt wallonne, SRFB	Evolution des densités de plantation		Dès maintenant		
Forêt	Forêt	Technique, communication et sensibilisation	Réaliser des éclaircies plus fréquentes	Sensibiliser les gestionnaires, inclure cette mesure dans les plans d'aménagement	DNF	DNF, propriétaires privés, Forêt wallonne, SRFB	Evolution des périodes d'éclaircie		Dès maintenant		
Forêt	Forêt	Technique, communication et sensibilisation	Favoriser la régénération naturelle là où c'est possible et là où l'adéquation essence X station est respectée	Sensibiliser les gestionnaires, inclure cette mesure dans les plans d'aménagement	DNF	DNF, propriétaires privés, Forêt wallonne, SRFB	Evolution des surfaces en régénération naturelle		Dès maintenant		
Forêt	Forêt	Technique, communication et sensibilisation	Favoriser une exploitation respectueuse du sol	Imposer des méthodes d'exploitation respectueuses du sol aux exploitants. Mettre en place des cloisonnements d'exploitation. Laisser les rémanents forestiers en forêt	DNF	DNF, propriétaires privés, Forêt wallonne, SRFB	Nombre de cahiers des charges qui imposent de telles mesures.		Dès maintenant		préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
Forêt	Forêt	Connaissance, recherche	Soutenir des programmes de recherche sur les capacités d'adaptation des espèces aux nouvelles conditions environnementales	Mettre en place des programmes de recherche sur la capacité d'adaptation des espèces aux nouvelles conditions environnementales, sur la capacité de migration des espèces par rapport à la vitesse du CC et sur les interactions entre espèces et entre facteurs environnementaux en lien avec le CC	SPW, UE	Acteurs de la recherche	Evolution des connaissances dans ces domaines		Dès maintenant		
Forêt	Forêt	Législatif et réglementaire	Réguler les surdensités de grand gibier	Mettre en place des sanctions contre le non respect des plans de tir. Adapter ces derniers aux surdensités de grand gibier. Limiter les mesures de nourrissage.	DNF	chasseurs, propriétaires privés	Evolution des densités de grand gibier, indicateurs environnementaux d'impacts.	Dégâts aux peuplements (IPRFW, ULg)	Dès maintenant		
c. Améliorer la résilience des systèmes agricoles face changement climatique											
Agriculture / Biodiversité / Eau	Agriculture	Connaissance, recherche	Soutenir des programmes de recherche d'alternatives aux cultures intensives en eau (maïs) ou sensibles à la température (Raygrass)	Aide à la sélection de variétés résistantes aux stress hydrique et thermique, par les organismes de recherche, mais en lien avec les semenciers qui disposent des ressources.	SPW (DGARNE), UE	Acteurs de la recherche, SPW, asbl Fourrag Mieux, semenciers, éleveurs	Nombre de mix identifiés et diffusés comme alternative	% surface de prairie permanente non productives par an (diminution)	Court terme	zones d'élevage (Ardenne et région Herbagère)	préserver les capacités de stockage du carbone dans les sols
Agriculture / Biodiversité / Eau	Agriculture	Connaissance, recherche, technique	Anticiper un développement prévisible de l'irrigation, en étudiant les impacts possibles	Mesures, inventaires des ressources localement, mise en place de modèles : sur quelle nappe est-ce ou sera-ce possible ? Impact sur l'AEP ?	SPW	Acteurs de la recherche, SPW, agriculteurs, FWA, Fugea, Inter-environnement Wallonie	Résultats de recherche, réponse à la question de l'opportunité d'irriguer sans épuiser les ressources ou pas		Court terme		
d. Prévenir et gérer les risques naturels (invasions, aléas climatiques) et évaluer les impacts socio-économiques											
Biodiversité / Forêt / Agriculture / Santé	Biodiversité / Forêt / Agriculture / Santé	Connaissance, recherche, communication et sensibilisation	Appuyer, soutenir, et pérenniser le financement des réseaux de suivi et d'alertes sur les nuisibles et invasives pouvant être favorisées par le CC	Soutenir la gestion précoce pouvant être mis en lien avec le système de détection précoce, qui permettrait d'agir avant la phase d'expansion de l'espèce. Possibilité de recours au fonds fédéral des matières premières, qui taxe les pesticides.	cabinet du ministre de l'agriculture, SPW, SPF	Natagora, universités, organismes ayant mis en place des dispositifs d'alerte, etc.	Nombre d'espèces suivies	Pertes dues aux épisodes d'invasions et recensement des espèces en Wallonie. Nombre de malades affectés par des maladies à vecteur et leur évolution pour la santé.	Court terme		
Biodiversité / Forêt	Biodiversité / Forêt	Législatif et réglementaire, communication et sensibilisation	Limiter l'importation et l'utilisation d'espèces exotiques	Mettre en place une réglementation visant à limiter fortement l'importation et l'utilisation d'espèces exotiques invasives ou à risque en Wallonie. Sensibiliser les acteurs à la problématique.	SPF, SPW	Horticulteurs, services de plantation, AlterIAS	Nombre d'espèces exotiques invasives en vente en Wallonie	Nombre d'espèces exotiques invasives en Wallonie (Plateforme biodiversité) Nombre d'espèces exotiques invasives en Wallonie (Plateforme biodiversité)/	Dès maintenant		
Forêt	Forêt	Institutionnel	Mettre en place un système de surveillance et d'alerte précoce relié à un dispositif de gestion de crise	Mettre en place un système de surveillance et d'alerte précoce pour les parasites, maladies, tempêtes, coups de froid et incendies. Mettre en place un dispositif de gestion de crise relié au système précédent.	DEMNA, DNF	OWSF			Dès maintenant		

Fiches en lien avec la mesure	Secteur d'application de la mesure	Type de mesure	Mesure	Activités pour mettre en œuvre la mesure	Initiation et coordination	Organismes concernés	Indicateur d'évaluation et suivi de la mesure	Indicateur de suivi de l'impact et sa source	Échéance	Périmètre d'application prioritaire	Convergence / Synergie avec l'atténuation
Forêt	Forêt	Technique	Gérer les risques d'incendie, de tempête, etc.	Gérer les coupe-feux et favoriser les peuplements plus résistants au feu dans les zones à risque. Peuplements moins denses.	DNF	propriétaires privés		Nombre de peuplements incendiés	Court terme	Peuplements à risque	
Agriculture	Agriculture	Connaissance, recherche	Soutenir des programmes de recherche sur les évolutions des fluctuations économiques des exploitations suite au CC et envisager les réponses possibles à ces fluctuations à priori croissantes	Créer un groupe d'étude sur l'intégration du changement climatique dans les risques agricoles	UE	UE, SPW, SPF, assureurs privés	A définir	A définir	Court terme		compétition possible; utilisation des surfaces pour production de biomasse pertes de revenu dues à la compétition fuel-food
Agriculture	Agriculture	Législatif et réglementaire, Connaissance, recherche,	Adapter les fonds des calamités naturelles, les fonds de dédommagement des agriculteurs et les fonds d'assurances	Intégrer les résultats obtenus par le groupe d'étude dans l'adaptation des outils de gestion des risques	UE, SPW, Etat belge	SPW, SPF, assureurs privés	Nombre de dédommagements	Variabilité du revenu des agriculteurs en lien avec les aléas climatiques	Court terme		
Santé/agriculture	Santé	Connaissance, recherche	Mener des programmes de recherche concernant l'impact du CC sur la sûreté alimentaire	Mener des recherches pour étudier la relation entre le développement de l'homme face aux changements au niveau de l'agriculture ; Mener des études pour évaluer l'impact de l'utilisation des pesticides pour contrôler l'expansion de certaines maladies et son incidence sur la disponibilité alimentaire	SPW, Communauté Française, Belspo....	Acteurs de la recherche	Résultats des recherches		Court terme		
e. Renforcer la prévention et développer la connaissance des vecteurs de maladie											
Santé	Santé	Communication, Sensibilisation	Renforcer la prévention faite par l'ISP sur les maladies à vecteur	Mener des campagnes d'information en diffusant les plaquettes informatives de l'ISP. Insister sur le développement des comportements limitant les risques (p. ex. auto-inspection pour les morsures de tiques) Renforcer les campagnes d'information, surtout en été en diffusant les plaquettes informatives de l'ISP	SPW	ISP, Professionnels de la santé	Regarder l'évolution du nombre de cas de maladies à vecteur		Court terme		
Santé	Santé	Technique	Renforcer les actions de l'ISP sur les maladies à vecteur	Maîtriser le développement des eaux stagnantes chez les particuliers. Améliorer les systèmes de contrôle des vecteurs. Mettre en application un système de surveillance épidémiologique (p.ex. suivre la dispersion d'espèces exotiques); Poursuivre la recherche et le développement de nouveaux vaccins	SPW, Etat belge	SPW, ISP, Experts santé	Evolution du nombre de cas de maladies à vecteur et l'efficacité des systèmes de surveillance		Court terme		
Santé	Santé	Connaissance, recherche	Mener des programmes de recherche pour anticiper les effets du CC sur les vecteurs et les maladies à vecteur	Engager des taxonomistes expérimentés; Mener des études pour comprendre la relation complexe entre les vecteurs, leurs hôtes, le climat et les autres facteurs intervenants; Améliorer l'infrastructure de contrôle des agents pathogènes et de leurs vecteurs existants, incluant l'identification des vecteurs et des hôtes	SPW, Communauté Française, Belspo....	Acteurs de la recherche	Regarder les résultats des recherches et les financements mis dans la recherche		Court terme		

Fiches en lien avec la mesure	Secteur d'application de la mesure	Type de mesure	Mesure	Activités pour mettre en œuvre la mesure	Initiation et coordination	Organismes concernés	Indicateur d'évaluation et suivi de la mesure	Indicateur de suivi de l'impact et sa source	Échéance	Périmètre d'application prioritaire	Convergence / Synergie avec l'atténuation
IV. Les problématiques en lien avec l'atténuation du changement climatique											
Energie / Aménagement du territoire	Energie	Connaissance, recherche Législatif et réglementaire Communication et sensibilisation	Prendre des mesures de contrôle de la demande pour empêcher l'augmentation des besoins dans tous les secteurs	Analyse (par secteurs) de l'élasticité de la demande électrique aux températures estivales élevées, qui débouchera éventuellement sur une étude complémentaire Commande d'une étude ? → adoption d'un plan spécifique ?	DGO4 ?	à définir	à définir	à définir	Court terme		non
Toutes	Energie	Communication et sensibilisation	S'assurer de la prise en compte de l'impact des modifications climatiques projetées dans tous les plans à long terme relatifs à l'approvisionnement électrique, en particulier dans le cadre de la collaboration internationale	Mettre en place un groupe de travail (composition à déterminer) qui s'assurera que les projections relatives à la sécurité d'approvisionnement électrique de la Belgique, entre autre dans le cadre du Forum pentalatéral, prennent en compte l'impact de l'évolution du climat sur les capacités de transport et la production, également dans les parcs interconnectés. Le même groupe sera chargé d'identifier les faiblesses actuelles et de proposer des pistes d'action pour y remédier.	DGRNE? DGO4?	à définir	à définir	à définir	Court terme	//	OUI
Energie	Energie	Connaissance, recherche	Améliorer les connaissances sur le risque de baisse de capacités des infrastructures dues à la hausse du nombre et de l'intensité des périodes de fortes chaleurs - Wallonie	A définir (après la mise en place d'un GT "adaptation au CC - énergie"?)	DGO4?	DGRNE, Cwape?, ELIA, GRD	à définir	à définir	Court terme		non
Energie	Energie	Connaissance, recherche	Améliorer les connaissances sur le risque de baisse de capacités des infrastructures dues à la hausse du nombre et de l'intensité des périodes de fortes chaleurs - parcs interconnectés	A définir (après la mise en place d'un GT "adaptation au CC - énergie"?)	DGO4?	à définir	à définir	à définir	Court terme / Moyen terme		non
Energie	Energie	Connaissance, recherche	Commande d'une étude sur l'évolution projetée de la productivité des différentes sources d'énergies renouvelables (< Δ vitesse moyenne du vent, nébulosité, croissance biomasse, Δ régimes fluviaux)	Financer une étude sur le mix énergétique, abordé sous l'angle de l'optimisation de l'approvisionnement à partir des sources renouvelables et décentralisées, en fonction des variables climatiques et de leur évolution attendue.	DGO4?	à définir	à définir	à définir	Court terme / Moyen terme		oui

5.3 Premiers éléments d'un dispositif de suivi évaluation

Nous proposons une première série d'indicateurs afin de mieux évaluer et suivre le phénomène de changement climatique et ses impacts à l'échelle de la Wallonie et, quand cela est pertinent ou possible, une série d'indicateurs d'adaptation. Toutefois, cette ébauche de dispositif de suivi-évaluation a vocation à être complétée et réajustée au gré de l'avancement du plan d'adaptation de la région qui fera suite à cette étude.

5.3.1 Les indicateurs du changement climatique de la région wallonne

Certains indicateurs directs permettent de suivre les **évolutions globales du climat wallon** et devront faire l'objet d'une attention toute particulière. **Il constitue des indicateurs robustes. Les indicateurs seront suivis à partir des données de l'IRM et de ses séries historiques. Les définitions et méthodes de calcul sont fournies dans la partie relative aux projections climatiques.**

On recommande donc de suivre :

- l'évolution des températures annuelles et saisonnières et des maximales (intensité) ;
- l'évolution des précipitations annuelles et saisonnières (fréquence, intensité, distribution spatiale selon les 4 régions prédéfinies) ;
- l'évolution des extrêmes climatiques (vagues de chaleurs, précipitations extrêmes, gel, nombre maximal de jour secs consécutifs) ;
- l'évolution du couvert végétal (période de croissance végétative, indice de végétation à partir de données satellitaires Normalized Difference Vegetation Index, NDVI si disponible)

5.3.2 Les indicateurs sectoriels du changement climatique

En plus des **indicateurs simples relatifs à l'évolution des précipitations et des températures**, chacun des secteurs devra suivre également des indicateurs directs du changement climatique plus élaborés, des indicateurs d'impacts (indicateurs secondaires) et des indicateurs d'adaptation (permettant de mesurer l'adaptation du secteur). Ces derniers auront vocation à être ajustés par la suite. Cette ébauche n'a pas vocation à présenter l'ensemble des indicateurs identifiés dans le répertoire de mesures mais à en sélectionner et en proposer éventuellement de nouveaux, s'ils sont jugés pertinents.

Secteurs	Indicateurs primaires du CC	Indicateurs secondaires du CC	Indicateurs d'adaptation
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> -Période de croissance végétative -Nombre de jours de vagues de chaleur -Nombre de jours de gel -Nombre maximal de jours secs consécutifs 	<ul style="list-style-type: none"> -Evolution de l'état de conservation des sols agricoles -Pertes dues aux épisodes d'invasions en Wallonie et recensement des espèces -Evolution de la productivité des prairies -Evolution du rendement des grandes cultures 	<ul style="list-style-type: none"> -Evolution des pertes en sols/nombre d'agriculteurs en mesures ciblées
Aménagement du territoire/infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> -Nombre de journées d'été -Nombre de jours de vagues de chaleur -Nombre de jours de très fortes précipitations -Jour de précipitations le plus élevé 	<ul style="list-style-type: none"> -Identification des îlots de chaleur (modélisation à envisager) -Nombre de crues -Niveau des cours d'eau -Nombre d'effondrements de terrain 	<ul style="list-style-type: none"> -Evolution de la densité du bâti dans les zones urbaines wallonnes et du couvert végétal -Evolution cartographique des territoires à fort aléa « risque naturel » (inondations, érosion, risque karstique, mouvement/ glissement/ effondrement de terrain, retrait/ gonflement)
Ressources en eau	<ul style="list-style-type: none"> -Maximum de précipitations cumulées sur 5 jours -Nombre de jours de pluie -Nombre de jours de très fortes précipitations 	<ul style="list-style-type: none"> -Débit naturel/ restitué des eaux de surface -Suivi piézométrique des eaux souterraines 	<ul style="list-style-type: none"> -Evolution des mesures de gestion des eaux en lien avec le changement climatique

Secteurs	Indicateurs primaires du CC	Indicateurs secondaires du CC	Indicateurs d'adaptation
Biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> -Nombre de jours de gel -Potentiel d'évapotranspiration 	<ul style="list-style-type: none"> -Evolution de l'abondance, de la richesse, de la diversité et de la phénologie de certaines espèces animales d'intérêt (Papillons, Oiseaux) (données DEMNA) -Evolution du nombre d'espèces exotiques invasives en Wallonie (Plateforme biodiversité) 	<ul style="list-style-type: none"> -Indicateurs de connectivité (index IFM, etc.) -Evolution du % de surface consacrée à des espaces verts en ville, nombre de toitures vertes, % de surface des zonings consacrée à la biodiversité, etc. -Evolution du nombre et surface de parcs naturels, de réserves naturelles, etc. transfrontaliers. -Evolution du % de surface de la Wallonie consacrée à des zones de conservation
Forêts	<ul style="list-style-type: none"> -Période de croissance végétative -Vitesse du vent y compris rafales 	<ul style="list-style-type: none"> -Evolution spatiale et phénologique des espèces forestières d'intérêt (stades phénologiques comme la date de débourrement, les aires climatiques potentielles de répartition, les phénomènes d'hybridations) -Dégâts aux peuplements par les gibiers (IPRFW, ULg) -Nombre de peuplements incendiés 	<ul style="list-style-type: none"> -Evolution de la structure des âges des peuplements. Nombre d'espèces au sein d'un massif (données IPRFW) -Evolution de l'incidence des feux de forêts (surface, fréquence, intensité)
Santé	<ul style="list-style-type: none"> -Nombre de jours de vagues de chaleur -Humidité relative 	<ul style="list-style-type: none"> -Evolution de la mortalité par canicule -Evolution des allergies (dues au pollen) et des intoxications alimentaires -Evolution des maladies à vecteur 	<ul style="list-style-type: none"> -Incidence des mesures prises sur l'évolution des risques sanitaires
Energie	<ul style="list-style-type: none"> -Degré jour en base 17 -Nombre de journées d'été -Vitesse du vent -Durée d'ensoleillement 	<ul style="list-style-type: none"> Tensions et pics de consommation sur le réseau électrique en période estivale Niveau des eaux de refroidissement des centrales 	<ul style="list-style-type: none"> Non défini

Conclusion : aller plus loin...

Cette initiative de la région Wallonne a permis d'identifier les impacts du changement climatique et les enjeux pour l'avenir de la région. En effet, même avec des politiques vigoureuses de réduction des émissions de gaz à effet de serre, dites politiques d'atténuation, dans lesquelles la région wallonne a décidé de prendre toute sa part, le territoire sera confronté à des changements climatiques dont l'ampleur a été cernée sur la base de l'état actuel des connaissances scientifiques. Il lui sera nécessaire de s'y adapter.

L'association de chercheurs à ce travail et une première concertation avec les acteurs a contribué à hiérarchiser les enjeux et à identifier les pistes d'adaptation. Cette démarche a permis de spécifier, pour le territoire de la région wallonne, les impacts, enjeux et pistes d'adaptation, et ainsi de gagner largement en pertinence et précision par rapport aux exercices du même type.

Ceci constitue le fondement pour la formulation d'un plan d'adaptation régional. Ce dernier proposera un panel d'actions, qualifiées, hiérarchisées et organisées selon les compétences à mobiliser pour les mettre en œuvre. Il identifiera surtout des responsabilités, des échéances et des financements correspondants. Il faut rappeler que la présente étude ne constitue pas une stratégie ou un plan d'actions détaillé à proprement parler. Elle reste essentiellement un travail d'experts avec une ouverture certaine sur les acteurs. Passer à une vision réellement opérationnelle, nécessitera du temps, un travail en interne à la région wallonne et une poursuite de la concertation à de multiples niveaux (infra-régional, national voire international).

Comment donc parvenir à un dispositif véritablement opérationnel en Wallonie ?

- En terme de connaissance il semble nécessaire, au vu des progrès rapide de la climatologie, d'actualiser régulièrement le constat. Un ensemble de projections climatiques, intitulé CMIP5, est actuellement en cours au niveau mondial, dans l'optique de la rédaction du 5^{ème} rapport du GIEC. Disponible progressivement à partir de 2013, il constituera le socle de toutes les projections régionales et locales, et sera donc à considérer tout particulièrement.
- L'élaboration du plan régional d'adaptation aura lieu en 2011 et 2012 en gardant en tête deux échelles incontournables :
 - o une articulation constante avec le niveau fédéral, en lien avec les recommandations et politiques européennes et internationales ;
 - o l'échelle des collectivités locales, qui sont incontournables étant donné leurs larges compétences (levier de l'urbanisme par exemple) et qui constituent donc un relais d'action. Le rôle de

la région wallonne est ici « d'outiller » ces collectivités en leur fournissant une connaissance de leur avenir climatique et un cadre d'action stratégique. L'objectif est que ces collectivités développent un volet « adaptation » dans le cadre de leur plan climat.

- *Il s'agit enfin de compléter un processus de consultation et de développer l'engagement : consultations internes au SPW, entre le SPW, les autres administrations, le secteur privé et la société civile, mais aussi vers le grand public. Cette concertation peut porter dans un premier temps sur les impacts et la stratégie, puis sur la définition d'actions précises. Les pouvoirs publics tout comme le secteur privé pourront alors s'engager de manière opérationnelle dans l'adaptation.*

Il s'agit finalement de contribuer à la prise de conscience d'un enjeu encore assez nouveau pour une grande partie des acteurs, de le faire avec la pédagogie nécessaire, puis de s'organiser pour répondre à ce défi de l'adaptation au changement climatique.

Liste des annexes

1. Les annexes relatives aux projections climatiques :

1.a *La méthode d'élaboration d'un plan d'adaptation de l'UKCIP*

2. Les annexes relatives aux projections climatiques :

2.a *Les cartes thématiques des indicateurs sectoriels du changement climatique*

2.b *Les tables des indicateurs (référence et élaborés)*

2.c *Le fond de cartes des indicateurs de référence (projections moyennes)*

3. Les annexes relatives aux vulnérabilités et aux adaptations sectorielles du changement climatique

3.a *Fiche agriculture*

3.b *Fiche aménagement du territoire*

3.c *Fiche ressources en eau*

3.d *Fiche biodiversité*

3.e *Fiche forêt*

3.f *Fiche santé*

3.g *Fiche énergie*

4. Les annexes relatives à l'analyse transversale des vulnérabilités

4.a *Les outils relatifs à la hiérarchisation des impacts*

5. Les annexes relatives au plan d'action

5.a *Le répertoire de mesures Excel (vision sectorielle / vision stratégique)*

6. Liste de contacts

6.a *Le répertoire des experts ayant été contacté lors de la mission et ayant participé à une ou plusieurs réunions*

Acronymes et abréviations

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (France)
AEE	Agence Européenne pour l'environnement
AEP	Approvisionnement en Eau Potable
AFSCA	Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire
AMICE	Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions
AWE	Association Wallonne de l'Elevage
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
CELINE	Cellule Interrégionale de l'Environnement
CC	Changement climatique
CCNUCC	Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CRIE	Centres Régionaux d'Initiation à l'Environnement
COP	Conférence des Parties
CSIS	Cavité Souterraine d'Intérêt Scientifique
CWAPE	Commission Wallonne pour l'Energie
DEFRA	Department for environment, food and rural affairs (Grande Bretagne)
DEM Nia	Département de l'Etude du Milieu Naturel et Agricole
DGARNE	Direction Générale Opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement
DGO1	Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments
DGO2	Direction Générale Opérationnelle de la Mobilité et des Voies Hydrauliques
DGO3	Direction Générale Opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement
DGO4	Direction Générale Opérationnelle de l'Aménagement du Territoire, du Logement, du Patrimoine et de l'Energie
DGRNE	Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement
DNF	Département de la Nature et des Forêts
EEA	European Environment Agency
FUGEA	Fédération Unie de Groupements d'Eleveurs et d'Agriculteurs
FWA	Fédération Wallonne de l'Agriculture
GAL	Groupes d'Actions Locales
GCM	General Circulation Model (modèle de circulation général)
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIREA	Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée
GISER	Gestion Intégrée Sol Erosion Ruissellement
GRD	Gestionnaires de Réseau de Distribution
GT	Groupe de travail
GW	Gouvernement Wallon

GxABT	Gembloux Agro Biotech
IPCC	Intergovernmental panel on climate change (voir GIEC)
IPRFW	Inventaire Permanent des Ressources Forestières de Wallonie
IRM	Institut Royal de Météorologie
ISP	Institut Scientifique de la Santé Publique
MAE	Méthode (Mesure) Agro-Environnementale
MCGAO	Modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan
NAS	National Adaptation Strategy
NAP	National Adaptation Plan
NAPAs	National Adaptation Programmes of Action
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONERC	Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique
OVSF	Observatoire Wallon de la Santé des Forêts
PCDN	Plan Communal de Développement de la Nature
PGDA	Programme de Gestion Durable de l'Azote en Agriculture
PLUIES	Plan de Prévention et de Lutte contre les Inondations et leurs Effets sur les Sinistrés
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
RF	Réserve Forestière
RNA	Réserve Naturelle Agréée
RND	Réserve Naturelle Domaniale
RCM	Regional Climate Model (modèle climatique régional)
RSSE	Rapport spécial sur les scénarios d'émission du GIEC
RW	Région Wallonne
SPF	Service Public Fédéral
SPW	Service public de la Wallonie
SRFB	Société royale forestière de Belgique
SRES	Special report on emission scenarios (voir RSSE)
TEC	Réseau de Transport en Commun en Wallonie
UCL	Université Catholique de Louvain
UE	Union Européenne
UKCIP	United Kingdom Climate Impacts Program
ULg	Université de Liège
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (CCNUCC)
UWE	Union Wallonne des Entreprises
ZHIB	Zone Humide d'Intérêt Biologique

Adaptation	Ajustement des systèmes naturels ou des systèmes humains face à un nouvel environnement ou un environnement changeant. L'adaptation aux changements climatiques indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. On distingue divers types d'adaptation, notamment l'adaptation anticipée et réactive, l'adaptation publique et privée, et l'adaptation autonome et planifiée (GIEC, 2007).
Atténuation	Intervention anthropique pour réduire les sources ou augmenter les puits de gaz à effet de serre (GIEC, 2007).
Capacité d'adaptation	Capacité d'ajustement d'un système face aux <i>changements climatiques</i> (y compris à la <i>variabilité climatique</i> et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les effets potentiels, d'exploiter les opportunités, ou de faire face aux conséquences (GIEC, 2007).
Climat	Au sens étroit du terme, le climat désigne en général le « temps moyen », ou plus précisément une description statistique en termes de moyennes et de variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes allant de quelques mois à des milliers ou des millions d'années. La période type est de 30 ans, d'après la définition de l'Organisation météorologique mondiale. Ces quantités pertinentes sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Au sens large du terme, climat désigne l'état du <i>système climatique</i> , y compris une description statistique de celui-ci (GIEC, 2007).
Changement climatique	Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres. On notera que la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit « changements climatiques » comme étant des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables. » La CCNUCC fait ainsi une distinction entre les « changements climatiques » qui peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la « variabilité climatique » due à des causes naturelles (GIEC, 2007).
Gaz à effet de serre	Gaz présents dans l'atmosphère terrestre et qui interceptent les infrarouges émis par la surface terrestre. Les deux principaux gaz responsables de l'effet de serre de la Terre sont la vapeur d'eau (H ₂ O) et le gaz carbonique (CO ₂), mais également le méthane (CH ₄), le protoxyde d'azote (N ₂ O), l'ozone (O ₃). Ces gaz ont des sources naturelles mais l'homme ajoute sa part et a augmenté leur concentration dans l'air de manière significative. A côté des gaz "naturels" à effet de serre, il en existe d'autres, que nous pouvons qualifier d' "artificiels" : il s'agit de gaz industriels qui ne sont présents dans l'atmosphère qu'à cause de l'homme. Les principaux gaz "industriels" à effet de serre sont les halocarbures et, en particulier, les CFC.

GIEC	Groupe international d'experts, dont peuvent faire partie tous les membres de l'Organisation des Nations Unies et de l'Organisation météorologique mondiale. Le GIEC a pour mission d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation. Il n'a pas pour mandat d'entreprendre des travaux de recherche ni de suivre l'évolution des variables climatologiques ou d'autres paramètres pertinents. Ses évaluations sont principalement fondées sur les publications scientifiques et techniques dont la valeur scientifique est largement reconnue.
Groupe Miroir	Groupe d'experts wallons – essentiellement du SPW – tenu informé de l'avancement de la mission et pouvant apporter son expertise ponctuellement.
Impacts	Les impacts sont les conséquences ou les effets du changement climatique sur les systèmes naturels et humains.
Modèle climatique	Représentation numérique du système climatique basée sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composants, leurs processus d'interaction et de rétroaction, et représentant la totalité ou une partie de ses propriétés connues (GIEC, 2007).
Plan National d'adaptation	Le Plan National d'Adaptation (NAP) décrira les modalités de mise en œuvre de la stratégie d'adaptation de la Belgique. Il est attendu pour 2012 et sera construit à partir des plans d'adaptation des trois Régions et du Fédéral.
Scénario	La notion de scénario utilisée dans cette étude fait référence aux scénarios socio-économiques définis par le GIEC pour caractériser les futurs possibles de notre société. A chacun de ces scénarios correspondent des émissions de GES. Pour chaque niveau d'émissions de GES, on peut construire des projections climatiques à partir des modèles climatiques.
Projection	Résultat de la combinaison d'un scénario socio-économique avec les modèles climatiques.
Stratégie d'adaptation nationale	La stratégie d'adaptation nationale (NAS) est un document datant de décembre 2010 et décrivant la stratégie en vue de la préparation du Plan National d'Adaptation (NAP). Elle donne les grandes orientations stratégiques et décrit l'approche <i>bottom-up</i> retenue par la Belgique.
Vulnérabilité	Degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation (GIEC, 2007).

Table des figures

Figure 1 : Motivations.....	13
Figure 2 : Les niveaux multiples de gouvernance identifiés dans les stratégies nationales d'adaptation.....	17
Figure 3 : Responsabilités et coordination	19
Figure 4 : Les dispositions des acteurs en Allemagne	20
Figure 5 : Les approches participatives dans les stratégies d'adaptation.....	21
Figure 6 : La vulnérabilité des secteurs dans les stratégies nationales	23
Figure 7 : La vulnérabilité des secteurs dans les stratégies régionales	24
Figure 8 : L'arbre des scénarios du GIEC.....	35
Figure 9 : Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000-2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface.....	36
Figure 10 : Les quatre familles de scénarios du GIEC et les prévisions de hausses de températures globales moyennes à l'horizon 2100.....	37
Figure 11 : Maillage tri-dimensionnel d'un modèle de simulation du climat.....	37
Figure 12 : Les sources d'incertitudes des projections climatiques à différents horizons temporels (Angleterre).....	41
Figure 13 : Variation absolue de la température moyenne annuelle et changement relatif des précipitations annuelles pour trois horizons temporels par rapport à 1961-1990 selon les différents modèles d'ENSEMBLES	46
Figure 14 : Distance à la moyenne de la distribution mensuelle des moyennes précipitations et températures pour 13 modèles.....	47
Figure 15 : Changement projeté pour la température moyenne entre 1961-1990 et 2071-2100.....	48
Figure 16 : Changement projeté pour les précipitations entre 1961-1990 et 2071-2100	48
Figure 17 : Valeurs mensuelles de la température moyenne pour la période de référence 1961-1990	49
Figure 18 : Différence entre les températures moyennes annuelles observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques.....	50
Figure 19 : Différence mensuelle entre les températures observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques, moyenne des modèles.....	50
Figure 20 : Différence mensuelle entre les températures observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques, projections retenues.....	51
Figure 21 : Différence moyenne entre les températures simulées et observées pour divers groupes de modèles, par station météorologique.....	51
Figure 22 : Valeurs mensuelles des précipitations pour la période de référence 1961-1990.....	52
Figure 23 : Changements relatifs à grande échelle du ruissellement annuel pour la décennie 2090-2099 par rapport à 1980-1999.....	53
Figure 24 : Différence entre les précipitations annuelles observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques.....	53
Figure 25 : Différence mensuelle entre les précipitations annuelles observées et simulées, moyenne sur cinq stations météorologiques.....	54
Figure 26 : Moyenne des écarts des précipitations annuelles par les modèles d'ENSEMBLES pour chaque station météorologique	54

Figure 27 : Synthèse des indicateurs sectoriels retenus	57
Figure 28 : La Wallonie et les régions frontalières	59
Figure 29 : Les régions de la Wallonie	60
Figure 30 : Exemple de cartes	61
Figure 31 : Exemples de sorties pour les indicateurs de référence	62
Figure 32 : Exemple de sorties pour les indicateurs élaborés	63
Figure 33 : Evolution des températures moyennes par saison par rapport à la période de référence 1961-1990.....	64
Figure 34 : Ecart de températures moyennes mensuelles aux horizons 2030, 2050, 2085 par rapport à la période de référence 1961-1990	65
Figure 35 : Projections de l'évolution des températures moyennes annuelles aux horizons 2030, 2050 et 2085	66
Figure 36 : Evolution des températures maximales par saison par rapport à la période de référence 1961-1990.....	67
Figure 37 : Projections de l'évolution des températures maximales annuelles aux horizons 2030, 2050, 2085	68
Figure 38 : Evolution des températures minimales par saison par rapport à la période de référence 1961-1990.....	69
Figure 39 : Projections de l'évolution des températures minimales annuelles aux horizons 2030, 2050, 2085	70
Figure 40 : Evolution des précipitations saisonnières, par rapport à la période de référence 1961-1990	71
Figure 41 : Projections de l'évolution des précipitations moyennes annuelles aux horizons 2030, 2050, 2085.....	72
Figure 42 : Ecart des précipitations mensuelles aux horizons 2030, 2050, 2085 par rapport à la période de référence 1961-1990 selon les 3 modèles.....	73
Figure 43 : Evolution saisonnière des jours de très fortes précipitations, en jours, par rapport à la période de référence 1961-1990	74
Figure 44 : Evolution saisonnière des vagues de chaleur par rapport à la période de référence 1961-1990.....	75
Figure 45 : Augmentation de la température moyenne mensuelle à Uccle selon les 3 scénarios CCI-HYDR pour la période 2071-2100	76
Figure 46 : La prise en charge actuelle des vulnérabilités de la Wallonie au climat	109

Le Benchmarking international

1. Base de données sur les politiques d'adaptation et diverses expériences internationales

Site de l'UNFCCC :

http://unfccc.int/adaptation/sbsta_agenda_item_adaptation/items/3633.php

2. Benchmark des politiques d'adaptation à l'échelle européenne

Swart, R., R. Biesbroek, et al. (2009). Europe adapts to climate change: comparing national adaptation strategies. Helsinki, Partnership for European Environmental research (PEER): 280p.

3. Focus sur des méthodes et plans d'adaptation particulièrement intéressants :

UKCIP (2008). The UKCIP adaptation wizard V2.0. Oxford, UKCIP: 30p. (**détail en annexe 1**)

Greater London Authority (2010). The draft climate change adaptation strategy for London. London: 136p.

Hamburg Parliament (2009). Climate action in Hamburg: 153p.

4. Les références clés pour la Belgique en matière d'adaptation

La stratégie nationale d'adaptation au changement climatique (2010)

<http://www.climatechange.be/IMG/pdf/NASpublicatiedruk.pdf>

L'étude d'adaptation pour la région Flandres (2010)

<http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/adaptatie/vlaams-adaptatieplan/bouwstenen%20deel%205.pdf>

Autres références :

Amelung, B., S. Nicholls, et al. (2007). "Implications of global climate change for tourism flows and seasonality." *Journal of travel research* 45(3): 285-296.

Commission des Communautés Européennes (2009). Livre Blanc. Adaptation au changement climatique: vers un cadre d'action européen. Bruxelles: 18p.

Commission des Communautés Européennes (2007). Livre Vert. Adaptation au changement climatique en Europe: les possibilités d'action de l'Union Européenne: 32p.

De Perthuis, C., S. Hallegatte, et al. (2010). Economie de l'adaptation au changement climatique. Paris, Conseil économique pour le développement durable: 89p.

DEFRA (2008). Adapting to climate change in England. A framework for action., HM Government: 52p.

Departement Leefmilieu, N. e. E. A. M.-., Natuur- en Energiebeleid, (2010). Bouwstenen om te komen tot een coherent en efficiënt adaptatieplan voor Vlaanderen. Anvers: 118p.

EEA (2008). National adaptation strategies. Copenhagen, EEA: 3p.

German Federal Cabinet (2008). German strategy for adaptation to climate change. Berlin, The Federal Government: 73p.

Gobierno de Espana (2008). The Spanish national climate change adaptation plan: 22p.

Godard, O. (2010). "Cette ambiguë adaptation au changement climatique." *Natures Sciences Sociétés*(18): 287-297.

Godard, O. (2010). La grande bifurcation de la Conférence de Copenhague. Paris, Ecole Polytechnique: 55p.

HM Government (2010). Climate change. Taking action: 69p.

- Ireland (2007). National climate change strategy. h. a. l. g. Department of the environment: 60p.
- Mayor of London (2010). The draft climate adaptation strategy for London, Greater London Public Authority: 137p.
- MEDCIE Grand Sud-est (2008). Etude des effets du changement climatique sur le grand sud -est: 134p.
- Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer (2010). Plan adaptation climat. Rapport des groupes de travail de la concertation nationale. Paris, Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer: 150p.
- Ministry of Agriculture and Forestry (2005). Finland's National Strategy for Adaptation to Climate Change: 281p.
- Ministry of Housing Spatial Planning and the Environment (2007). Make space for climate: 15p.
- Moreno, A., B. Amelung, et al. (submitted). "Climate suitability for beach tourism in Europe. A reassessment of the impacts of climate change." Climate research.
- Nordhaus, W. (1995). "The ghosts of climates past and the specters of climate change future." Energy Policy, 23(4-5): 269-282.
- ONERC (2007). Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique. Paris, la Documentation Française.
- Republic of Turkey (2010). "National climate change strategy (2010-2011)." 15p.
- Romant-Amat, B. (2007). Préparer les forêts françaises au changement climatique. Rapport à MM. les Ministres de l'agriculture et de la pêche et de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables. Paris: 125.
- Scottish Government (2009). Scotland's climate change adaptation framework. Edinburgh, Scottish Government, : 36p.
- Seguin, B. and I. Garcia de Cortazar (ND). Climate warming: consequences for viticulture and the notion of "terroirs" in Europe. Avignon, INRA Avignon.
- Stern Review (2006). The Economics of Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press.
- The danish government (2008). Danish strategy for adaptation to a changing climate. Copenhagen: 48p.
- Tol, R. S. J. (2005). "Adaptation and mitigation: Trade-offs in substance and methods." Environmental Science and Policy(8): 572-578.
- UNFCCC (2006). Five-year programme of work on impacts, vulnerability and adaptation to climate change. In Report of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice on its twenty fifth session held at Nairobi from 6 to 14 November 2006. UNFCCC.
- UNFCCC (2007). Bali Action Plan. U. N. F. C. o. C. Change. Decision1/CP.13.
- Welsh Assembly Government (2010). Climate change strategy for Wales; Adaptation delivery plan: 13p.
- Zebish, M., T. Grothmann, et al. (2005). Climate Change in Germany – Vulnerability and Adaptation of climate sensitive Sectors. Report commissioned by the Federal Environmental Agency. Potsdam, Potsdam Institute of Climate Impact Research.

Quelques références clés

Tendances observées pour le climat belge :

IRM (2009). Vigilance climatique, 60pp. Disponible en ligne :
<http://www.meteo.be/meteo/view/fr/66929-Articles.html?view=3236558>

Projections climatiques en Wallonie et mesure de l'incertitude :

Van der Linden P., and J.F.B. Mitchell (eds.) 2009 : ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp.

Déqué (2007). "An intercomparison of regional climate models for Europe: assessing uncertainties in model projections." Climatic change 81.

Knutti, R. (2010). "The end of the model democracy?" Climatic change

Les avenirs climatiques en Belgique :

Brouwers J., Peeters B., Willems P., Deckers P., De Maeyer Ph., De Sutter R. en Vanneuville W. (2009) Hoofdstuk 11 'Klimaatverandering en waterhuishouding' in de Milieuverkenning 2030, Milieurapport Vlaanderen, VMM.

<http://www.milieुरapport.be/nl/publicaties/milieuverkenning-2030>

Willems P., De Maeyer P., Deckers P., De Sutter R., Vanneuville W., Brouwers J. en Peeters B. (2009). Milieuverkenning 2030. Wetenschappelijk rapport Thema Klimaatverandering & waterhuishouding. Raadpleegbaar op

http://www.milieुरapport.be/upload/main/WR_Klimaatverandering_en_Waterhh_def_TW.pdf

Autres références :

Armata (2007). Les économistes face au long terme: l'ascension de la notion de scénario. In Dahan-Dalmedico (dir.) Les modèles du futur. Paris : La découverte

Criqui, P. (2005). Les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. Changements climatiques: quels impacts en France? Climact/Greenpeace: 140p.

Garnaud B, et Magnan A (2009). "Climat : ce que la science nous dit...et ce qu'elle ne nous dit pas" Revue liaison Energie-Francophonie, n°85.

GIEC, Ed. (2007). Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, GIEC.

GIEC/IPCC (1997). Incidence de l'évolution du climat dans les régions : évaluation de la vulnérabilité. Rapport spécial du groupe de travail II du GIEC.

Hawking E, Sutton R (2009). The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions. Bull Am Meteorol Soc.

Planton, S. (2005). "La régionalisation des changements climatiques. " Lettre PIGC-PMRC France(14): 23-28.

Raupach, M. R., G. Marland, et al. (2007). Global and regional drivers of accelerating CO2 emissions, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.

Wilby, R. L. (2004). Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods, IPCC.

Principaux travaux existants pour chaque thématique et son lien au changement climatique pour la Wallonie et/ ou la Belgique ou des territoires proches et similaires

Agriculture

BAZZAZ, F. et SOMBROEK, W., éditeurs, (1997), *Changements du climat et production agricole*, FAO, Rome.

BIELDERS, C., CORDONNIER H., DAUTREBANDE, S. et THIRION, M., (2006), « Lutter contre l'érosion des terres », *Les livrets de l'agriculture*, 12, MRW - DGA, 41 p.

IGLESIAS, A., AVIS, K., BENZIE, M., FISHER, P., HARLEY, M., HODGSON, N., HORROCKS, L., MONEO, M. et WEBB, J., (2007), *Adaptation to climate change in the agricultural sector*, AEA Energy & Environment.

CELLULE ETAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON (2007), *Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*, MRW - DGRNE, Namur, 736 p.

DIRECTION DE L'ANALYSE ECONOMIQUE AGRICOLE (DAEA), (2008), *Evolution de l'économie agricole et horticole de la Région wallonne 2008 – 2009*, SPW – DGARNE, Namur.

DIRECTION DE L'ANALYSE ECONOMIQUE AGRICOLE (DAEA), (2009), *Evolution de l'économie agricole et horticole de la Région wallonne 2009 – 2010*, SPW – DGARNE, Namur.

EITZINGER, J. et KUBU, G., éditeurs, (2009): *Impact of Climate Change and Adaptation in Agriculture. Extended Abstracts of the International Symposium*, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, June 22-23 2009. BOKU-Met Report 17, ISSN 1994-4179 (Print), ISSN 1994-4187 (Online) - <http://www.boku.ac.at/met/report>.

FURHER, J., (2003), "Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change", *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97: 1–20.

MARACCHI, G., SIROTENKO, O. et BINDI, M., (2005), "Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe", *Springer - Climate change*, 70: 117–135.

OLESEN, J. E., TRNKA, M., KERSEBAUM, K.C., SKJELVAG, A.O., SEGUIN, B., PELTONEN-SAINIO, P., ROSSI, F., KOZYRA, J. et MICALE, F., (2010), "Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change", *European Journal of Agronomy*, 34: 96-12.

Infrastructures et aménagement du territoire

ALLAN, R. P., (2011), « Climate change : Human influence on rainfall », *Nature*, 470, 344-345.

CELLULE AMÉNAGEMENT – ENVIRONNEMENT, (2006), *Les risques majeurs en Région wallonne. Prévenir en aménageant*, MRW - DGATLP, Namur, 317 p.

COCHRAN, I, (2009), « Infrastructures de transport en France : vulnérabilité au changement climatique et possibilités d'adaptation », *Etude Climat. La recherche en économie du changement climatique*, n°18, Caisse des dépôts.

DROGUE G., FOURNIER, M., BAUWENS, A., BUITEVELD, H., COMMEAUX, F., DEGRE, A., DE KEIZER, O., DETREMBLEUR, S., DEWALS, B., FRANCOIS, D., GUILMIN, E., HAUSMANN, B., HISSEL, F., HUDER, N., LEBAUT, S., LOSSON, B., KUFELD, M., NACKEN, H., PIROTON, M., PONTEGENIE, D., SOHIER, C. et VANNEUVILLE, W., (2010), *Analyse du changement climatique, des scénarios de crue et d'étiage sur le bassin de la Meuse*, Projet AMICE - Résumé du rapport WP1- action 1- 3.

GIRON, E., JOACHAIN, H., DEGROOF, A., HECQ, W., CONINX, I, BACHUS, K., DEWAEELS, B., ERNST, J., PIROTON, M., STAES, J., MEIRE, P., DE SMET, L., et DE SUTTER, R., (2010), *Towards an integrated decision tool for adaptation measures – case study : floods*, ADAPT Project – Final report, Science for a sustainable development.

ONERC, Ville et adaptation au changement climatique. Rapport au Premier ministre et au Parlement, novembre 2010, pp158.

Biodiversité

Natuurverkenning 2030 (Flandres)

Programme de recherche de l'INBO sur les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes

CcBio : Connaissance de l'impact du changement climatique sur la biodiversité en France

INRA et ONF : "Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques"

« Conserver la diversité biologique européenne dans le contexte du changement climatique » : document édité par le Conseil de l'Europe

Forêt

DNF et FUSAGx – groupe de travail régional « forêts et changement climatique » : « Le changement climatique et ses impacts sur les forêts wallonnes. Recommandations aux décideurs et aux propriétaires et gestionnaires. »

IBGE, UCL et FUSAGx : La forêt de Soignes face au changement climatique

INRA et ONF : « Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques » (France)

Projet CARBOFOR (France)

Revue forestière française, numéro spécial : Conséquences des changements climatiques pour la forêt et la sylviculture

Quelles forêts en France en 2100 ? (INRA)

EvoTREE : réseau d'excellence européen sur l'évolution des arbres face aux changements climatiques, coordonné par l'INRA (<http://www.evotree.eu/>)

Rapport STORMS (Commission européenne)

LIVRE VERT concernant la protection des forêts et l'information sur les forêts dans l'Union européenne: préparer les forêts au changement climatique

Projet COST ECHOES (Expected Climate cHange and Options for European Silviculture)

Santé

Commission of the European Communities (2009). Adapting to climate change: Towards a European framework for action - Human, Animal and Plant Health Impacts of Climate Change (COM(2009) 147 final). Brussels.

Greer A., Ng V., Fisman D. Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. CMAJ 2008; 178: 715-22.

International Atomic Energy Agency – Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Climate change and the expansion of animal and zoonotic diseases – What is the agency's contribution. Disponible à l'adresse : <http://www-naweb.iaea.org/nafa/aph/stories/2010-climate-change.html>, consulté le 21 décembre 2010.

Mills J.N., Gage K.L., Khan A.S. Potential Influence of Climate Change on Vector-Borne and Zoonotic Diseases: A Review and Proposed Research Plan. Environ Health Perspect 2010; 118: 1507-14.

Nationaal Onderzoekprogramma Klimaat voor Ruimte (KvR) en Kennis voor Klimaat (KvK) (2008). Klimaatverandering en gezondheid - Oplooptebat georganiseerd door Klimaat voor Ruimte en Kennis voor Klimaat. Ankantes (Amsterdam).

Sachan S., Singh V.P. Effect of climatic changes on the prevalence of zoonotic diseases. *Veterinary World*, 2010; 3; 519-22.

Van Bortel W., Versteirt V., Van Gompel F., Coosemans M. Klimaatverandering en oprukkende ziekten : een complex samenspel van factoren. *Farmaceutisch Tijdschrift voor België* 2009; 2: 40-5.

Besancenot JP. (2007). Notre santé à l'épreuve du changement climatique. Edition Delachaux et Niestlé, Paris.

Bouwstenen om te komen tot een coherent en efficiënt adaptatieplan voor Vlaanderen. Departement Leefmilieu, Natuur en Energie Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid. 2010.

Ressources en eau

ALLAN, R. P., (2011), « Climate change : Human influence on rainfall », *Nature*, 470, 344-345.

BATES, B. C., Z. W. KUNDZEWICZ, S. Wu et J. P. PALUTIKOF, éd., (2008), Le changement climatique et l'eau, document technique publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Secrétariat du GIEC, Genève, 236 p.

CELLULE ETAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON (2007), Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007, MRW - DGRNE, Namur, 736 p.

CELLULE ETAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON (2010), Tableau de bord de l'environnement wallon 2010, SPW-DGARNE-DEE, Namur, 232 p.

DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'EAU (DEE), (2010), Etat des nappes d'eau souterraines, SPW-DGARNE, Namur.

DROGUE G., FOURNIER, M., BAUWENS, A., BUITEVELD, H., COMMEAUX, F., DEGRE, A., DE KEIZER, O., DETREMBLEUR, S., DEWALS, B., FRANCOIS, D., GUILMIN, E., HAUSMANN, B., HISSEL, F., HUDER, N., LEBAUT, S., LOSSON, B., KUFELD, M., NACKEN, H., PIROTON, M., PONTEGENIE, D., SOHIER, C. et VANNEUVILLE, W., (2010), Analyse du changement climatique, des scénarios de crue et d'étiage sur le bassin de la Meuse, Projet AMICE - Résumé du rapport WP1- action 1- 3.

MARBAIX P. et VAN YPERSELE J-P. (sous la direction de), (2004), Impact des changements climatiques en Belgique, Greenpeace, Bruxelles, 42 p.

SOHIER C., DEGRE A. et DAUTREBANDE S., 2008. Evaluation des mesures prises pour réduire les incidences de la pollution diffuse d'origine agricole et domestique sur la qualité des masses d'eau de surface et souterraines de la Région wallonne à l'aide du modèle EPICgrid. « Projet Qualvados ». Rapport de Convention DGRNE-SPGE-FUSAGx. Unité d'Hydrologie & Hydraulique agricole. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. 145p et annexes.

Energie

BUREAU DU PLAN et SERVICE PUBLIC FEDERAL ECONOMIE, P.M.E., CLASSES MOYENNES ET ENERGIE, Etude sur les perspectives d'approvisionnement en électricité 2008-2017, Bruxelles, octobre 2009

CELLULE ETAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON, Tableau de bord de l'environnement wallon 2010, SPW-DGARNE-DEE, Namur, 2010

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES, Adaptation au changement climatique: vers un cadre d'action européen, Livre Blanc, COM(2009) 147 final, Bruxelles, 2009

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES, Commission staff document accompanying the White Paper « Adapting to climate change: Towards a European framework for action », Impact assessment - {COM(2009) 147 final}, Bruxelles, 2009

COMMISSION NATIONALE CLIMAT, Cinquième communication nationale sur les Changements Climatiques, en vertu de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, Bruxelles, 2009

COMMISSION WALLONNE POUR L'ENERGIE (CWAPE), Rapport annuel 2009, Namur, 2010

DE WIT ET AL., Impact of climate change on low-flows in the river Meuse, Climatic Change, Vol 82, 2007

DROGUE G., FOURNIER, M., BAUWENS, A., BUITEVELD, H., COMMEAUX, F., DEGRE, A, DE KEIZER, O., DETREMBLEUR, S., DEWALS, B., FRANCOIS, D., GUILMIN, E., HAUSMANN, B., HISSEL, F., HUDER, N., LEBAUT, S., LOSSON, B., KUFELD, M., NACKEN, H., PIROTON, M., PONTEGENIE, D., SOHIER, C. et VANNEUVILLE, W., Analyse du changement climatique, des scénarios de crue et d'étiage sur le bassin de la Meuse, Projet AMICE - Résumé du rapport WP1- action 1- 3, 2010

ECONOTEC – IBAM – ICEDD, pour le compte du SERVICE PUBLIC DE WALLONIE, Projet d'actualisation du Plan pour la Maîtrise Durable de l'Energie (PMDE) en Wallonie à l'horizon 2020, sine loco, 2009

ICEDD, pour le compte du SERVICE PUBLIC DE WALLONIE, Bilan énergétique de la Région Wallone 2008 – Bilan de l'industrie et bilan global, Namur, 2010

ICEDD, pour le compte du SERVICE PUBLIC DE WALLONIE, Bilan énergétique de la Région Wallone 2008 – Secteur domestique et équivalents, Namur, 2010

LÉTARD V, FLANDRE H ET LEPELTIER S, Sénateurs, Rapport d'information au sénat n°195 fait au nom de la mission commune d'information, La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise, Annexe au procès-verbal de la séance du sénat du 3 février 2004